

geos



GEOS se publica dos veces al año patrocinada por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE) y editada conjuntamente por la UGM y el CICESE.

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. Mesa Directiva 2024-2025

Dr. José Luis Macías Vázquez
Instituto de Geofísica, UNAM
Presidente

Dr. Américo González Esparza
Instituto de Geofísica, UNAM
Vicepresidente

Dr. Mario González Escobar
División de Ciencias de la Tierra, CICESE
Tesorero

Dr. Antonio Pola Villaseñor
Escuela Nacional de Estudios Superiores, UNAM
Secretario General

Dra. Lucia Capra Pedol
Instituto de Geociencias, UNAM
Secretario de Investigación

Dra. Avith Mendoza Ponce
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
Secretario de Difusión

Dr. Oscar Alberto Castro Artola
División de Ciencias de la Tierra, CICESE
Secretario de Educación

Dra. Elva Escobar Briones
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM
Secretario de Vinculación

Editores Principales

Luis A. Delgado Argote
ldelgado@cicese.mx
CICESE

Avith Mendoza Ponce
avith.mendoza@unicach.mx
UNICACH

Comité Editorial

Harald Böhnelt, UNAM
Noel Carbajal Pérez, IPICYT
Oscar Campos, UNAM
Gerardo Carrasco, UNAM
Ana Luisa Carreño, UNAM
Carlos Flores Luna, CICESE
Juan García Abdeslem, CICESE
René Garduño, UNAM
Gustavo Tolson, UNAM
Felipe Escalona, UAZ

Apoyo Técnico Editorial

Ángel Daniel Peralta Castro
Humberto S. Benítez Pérez
Sergio Manuel Arregui Ojeda
María Cristina Álvarez Astorga

GEOS, boletín informativo de la Unión Geofísica Mexicana (UGM), se edita conjuntamente por la UGM y el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE) bajo el patrocinio del CICESE. Se publica dos veces al año, contiene artículos originales de investigación, artículos de divulgación, notas cortas, aspectos relevantes para la difusión de la actividad científica, tecnológica y docente en las Ciencias de la Tierra, así como noticias de interés para los miembros de la UGM. Las instrucciones para los autores se encuentran al final de cada número y en <https://geos.cicese.mx>. GEOS (ISSN 0186-1891) se edita en la División de Ciencias de la Tierra, CICESE, Carretera Ensenada-Tijuana No. 3918, Zona Playitas 22860, Ensenada B.C., México.

Dirigir toda correspondencia a:
Editorial GEOS
División de Ciencias de la Tierra, CICESE
ldelgado@cicese.mx
Tel. en Ensenada B.C.: (646)175-0500, Ext. 26060

Título: GEOS

Periodicidad: semestral

ISSN: 0186-1891

Editado en la División de Ciencias de la Tierra, CICESE, Carret. Ensenada-Tijuana No. 3918, Zona Playitas 22860, Ensenada B.C., México.

EDITORIAL

Este año, la Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana (UGM) se engalana al conmemorar el centenario del nacimiento del Dr. Julián Adem Chain, fundador de la UGM en 1960. El Dr. Adem tenía una visión clara y objetiva sobre el desarrollo de la geofísica en México; de hecho, un año después, impulsó la creación de la revista Geofísica Internacional.

El legado del Dr. Julián Adem es un pilar fundamental de los cimientos geocientíficos modernos de nuestro país. Por ello, es un honor rendir tributo a sus valiosas contribuciones a la UGM y a México.

Durante nuestra reunión, también celebraremos eventos de gran relevancia, como el Eclipse Total de Sol del 8 de abril de 2024 y las tres décadas de investigación desde la reactivación del volcán Popocatepetl. Además, abordaremos temas de impacto global que afectan directamente a la sociedad mexicana, tales como las sequías, lluvias extremas, incendios y movimientos de remoción de masa, fenómenos vinculados a los efectos del cambio climático.

La Reunión Anual de la UGM 2024 contará con 730 resúmenes, distribuidos en 20 sesiones regulares con 448 presentaciones y 22 sesiones especiales con 282 presentaciones. De estas, 534 serán exposiciones orales y 196 en formato de cartel. Además, se ofrecerán 18 cursos sobre diversos temas en geociencias, cuatro conferencias plenarias a cargo de investigadoras de México y Estados Unidos, así como una mesa de discusión sobre el tema del agua, con la participación de cinco ponentes invitados.

Hasta el momento, contamos con 612 participantes inscritos, de los cuales el 49% son estudiantes, incluyendo 177 de posgrado y 125 de licenciatura. Es importante destacar que 33 de ellos han recibido apoyo a través de nuestro programa de becas. Tenemos 491 miembros, lo que representa un incremento del 35% en comparación con el año anterior. Este año, la RAUGM 2024 contará con la participación de académicos de 50 universidades e instituciones de investigación, tanto nacionales como internacionales.

Por sexta ocasión, realizaremos la "Kermés de las Ciencias de la Tierra y el Espacio" en el parque Hidalgo, colonia Centro, Puerto Vallarta. El objetivo de esta kermés es fomentar el interés y la comprensión de los geofenómenos entre los estudiantes y el público en general. En esta ocasión contaremos con la participación de 24 talleristas.

Este año se otorgarán los reconocimientos al Maestro del Año, la Medalla Manuel Maldonado Koerdell y el Premio Francisco Medina Martínez. Además, continuaremos con los concursos de Cuento Científico y de Conocimientos en Ciencias de la Tierra para estudiantes de licenciatura, y como novedad, se incluirá un Concurso de Fotografía.

En nuestra reunión contaremos con la participación de 26 expositores de diversas compañías e instituciones, así como con el valioso apoyo de 17 patrocinadores y seis organizaciones asociadas.

Lamentablemente, este año no contaremos con la presencia de tres queridos amigos y colegas, participantes entusiastas de nuestra reunión: los doctores Juan García Abdeslem, investigador del CICESE, Luis Manuel Alva Valdivia y Juan Esteban Hernández Quintero, ambos investigadores del Instituto de Geofísica de la UNAM, José Joel Carillo Rivera investigador del Instituto de Geografía de la UNAM y el ingeniero Francisco Torres Rodríguez de Geoelec, quien año con año nos brindaba su apoyo.

La Mesa Directiva y el equipo de la UGM les invita a disfrutar plenamente de esta edición de la RAUGM 2024. Sigamos construyendo juntos una comunidad de geocientíficos y profesionales comprometidos con el avance de las Ciencias de la Tierra y el Espacio, para que los beneficios que nuestras investigaciones se reflejen en la sociedad.

¡Gracias por estar aquí y formar parte de este esfuerzo invaluable!

La Mesa Directiva
Unión Geofísica Mexicana

Dr. José Luis Macías Vázquez
Presidente, Mesa Directiva 2024-2025
Unión Geofísica Mexicana

ESTRUCTURA DE LA REUNIÓN ANUAL 2024

La Reunión Anual 2024 de la Unión Geofísica Mexicana contará con un total de 730 trabajos, distribuidos en 20 sesiones regulares y 22 sesiones especiales. Se ha invitado a distinguidas especialistas a impartir conferencias plenarias en cuatro áreas de interés: Oceanografía y Limnología, Tierra Sólida, Atmósfera y Ciencias Espaciales. También se organizará una mesa de discusión sobre temas de actualidad. Las sesiones se llevarán a cabo en seis salas simultáneas, y habrá un área de carteles y exposición con la participación de 26 expositores de los sectores privado, público y académico. Además, se ofrecerán 18 cursos de capacitación sobre diversos temas de interés para estudiantes y especialistas.

Conferencias Plenarias

JULIÁN ADEM, PROMOTOR DE LAS CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA Y LA GEOFÍSICA EN MÉXICO

Telma Gloria Castro Romero

Instituto de Ciencias Atmosféricas y Cambio Climático, UNAM

ACCELERATED METHANE OXIDATION RATES IN GULF OF CALIFORNIA HYDROTHERMAL PLUMES PROVIDE A WINDOW TO THE PAST AND INSIGHT FOR THE FUTURE

Samantha B. Joye

Department of Marine Sciences, University of Georgia

CLIMA ESPACIAL Y EFECTOS DE ECLIPSES SOLARES DE 2023 Y 2024 SOBRE MÉXICO

Maria Sergeeva

Instituto de Geofísica, Unidad Morelia, UNAM

RESOLVING THE CONTROVERSY OF THE ISABELLA LITHOSPHERIC ANOMALY IN CENTRAL CALIFORNIA USING SURFACE WAVE TOMOGRAPHY

Dayanthie Weeraratne

Department of Geological Sciences, California State University, Northridge

Mesa de Discusión

AGUA: DESDE LA ACADEMIA A LA GOBERNANZA - HACIA UN SISTEMA RESILIENTE EN EL MARCO DEL CAMBIO GLOBAL

Ponente:

Carlos Gay García, Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

Panelistas:

Graciela Herrera Zamarrón, Instituto de Geofísica, UNAM

Agustín Robles Morua, Departamento de Ciencias del Agua y del Medio Ambiente, ITSON

María Aurora Armienta Hernández, Instituto de Geofísica, UNAM

Jaime Carrera Hernández, Instituto de Geociencias, UNAM

Modera:

Lucía Capra Pedol, Instituto de Geociencias, UNAM

Sesiones Regulares

ARQUEOMETRÍA (AR)

Organizadores:

Galia González Hernández, Ángel Ramírez Luna

CIENCIAS DEL SUELO (CS)

Organizadores:

Sergio Alvarado Soto

CLIMATOLOGÍA, CAMBIOS CLIMÁTICOS Y ATMÓSFERA (CCA)

Organizadores:

Erika Danaé López Espinoza, Luis Felipe Pineda Martínez, Guillermo Montero Martínez

EXPLORACIÓN GEOFÍSICA (EG)

Organizadores:

Diego Ruiz Aguilar, Favio Cruz Hernández, Mario Fuentes Arreazola

FÍSICA ESPACIAL (FE)

Organizadores:

Esmeralda Romero Hernández, José Juan González Avilés

GEODESIA (GEOD)

Organizadores:
Guillermo Cisneros

GEOHIDROLOGÍA (GEOH)

Organizadores:
Janete Morán Ramírez, José Alfredo Ramos Leal

GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO (GP)

Organizadores:
Javier Arellano Gil

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA (GET)

Organizadores:
Dante Morán Zenteno

GEOLOGÍA Y GEOFÍSICA AMBIENTAL (GGA)

Organizadores:
Laura Elizabeth Peña García, Roberto Maciel Flores, Martín Hernández Marín

GEOMAGNETISMO Y PALEOMAGNETISMO (GEOPAL)

Organizadores:
Alejandro Rodríguez Trejo, Fredy Rubén Cejudo Ruiz, Miguel Angel Cervantes Solano

GEOQUÍMICA Y PETROLOGÍA (GEOQP)

Organizadores:
Mario Emmanuel Boijseauneau López, Johana Andrea Gómez Arango

MODELACIÓN DE SISTEMAS GEOFÍSICOS (MSG)

Organizadores:
Vlad Manea, Víctor de la Luz

OCEANOGRAFÍA COSTERA (OCC)

Organizadores:
Braulio Juárez Araiza, Héctor García Nava, Amaia Ruiz de Alegría Arzaburu, Christian Appendini, Isaac Rodríguez Padilla

OCEANOLOGÍA (OCE)

Organizadores:
Alejandro Souza, Erik Coria Monter, Elizabeth Durán

PALEONTOLOGÍA (PALEO)

Organizadores:
Adolfo Pacheco Castro

RIESGOS NATURALES (RN)

Organizadores:
David Novelo, Gerardo Suárez

SEDIMENTOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA (SED)

Organizadores:
Isabel Israde Alcántara, Norma González Cervantes, Mildred Zepeda

SISMOLOGÍA (SIS)

Organizadores:
Héctor González Huizar, Francisco Córdoba Montiel

VULCANOLOGÍA (VUL)

Organizadores:
Martha Gabriela Gómez Vasconcelos, Denis Avellán

Sesiones Especiales

LIMNOLOGÍA FÍSICA (SE01)

Organizadores:
Tzitzlali Gasca Ortiz, Diego Armando Pantoja González, Jorge Manuel Montes Aréchiga, María del Refugio Barba

LAS GEOCIENCIAS EN LA SOCIEDAD: EDUCACIÓN, DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN (SE02)

Organizadores:
Marina Manea, Rodrigo Pérez Luján, Miguel Ángel Martínez Rodríguez

CIENCIAS ESPACIALES, QUÍMICA PREBIÓTICA Y ASTROBIOLOGÍA (SE03)

Organizadores:
Alejandro Paredes Arriaga, Guadalupe Cordero Tercero

PATRIMONIO GEOLÓGICO Y GEODIVERSIDAD (SE04)

Organizadores:
Gerardo de Jesús Aguirre Díaz, Carles Canet Miquel, Geraldine Verónica Vázquez Alarcón

RECONSTRUCCIÓN PALEOCLIMÁTICA: REGISTROS CONTINENTALES Y MARINOS (SE05)

Organizadores:
Claudia Magali Chávez Lara, Margarita Caballero

LA ESTACIÓN REGIONAL DEL NOROESTE: 50 AÑOS DE PRESENCIA DE LA UNAM EN EL NOROESTE DE MÉXICO (SE06)

Organizadores:
Alexis Del Pilar Martínez, Thierry Calmus, Carlos Manuel González León

SISMOS PEQUEÑOS, GRANDES DESAFÍOS (SE07)

Organizadores:
Marco Calò, Ericka Alinne Solano Hernández, Juan Martín Gómez González, Raúl Ramón Castro Escamilla

ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO, GEOFÍSICO E HIDROMETEOROLÓGICO Y DEL MONITOREO DEL VOLCÁN PICO DE ORIZABA (CITLALTÉPETL) (SE08)

Organizadores:
Rafael Torres Orozco, José Luis Arce Saldaña, Francisco Córdoba Montiel, Víctor Hugo Soto Molina

LAS ROCAS A TRAVÉS DE IMÁGENES: CONOCIENDO SU MICROESTRUCTURA (SE09)

Organizadores:
Sandra Vega, Marina Vega, Hugo Sereno

EN HONOR AL DR. LUIS MANUEL ALVA VALDIVIA Y SU LEGADO AL PALEOMAGNETISMO, LA GEOFÍSICA, LAS CIENCIAS DE LA TIERRA Y MÁS ALLÁ (SE10)

Organizadores:
Alejandro Rodríguez Trejo, Harald Böhnelt, Luis Alonso Velderrain Rojas, Bernardo Ignacio García Amador

LA VISIÓN DE LOS SISTEMAS DE FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA RESOLVER LAS PROBLEMÁTICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN MÉXICO (SE11)

Organizadores:
Selene Olea Olea, Eric Morales Casique, José Luis Lezama Campos

ENERGÍAS RENOVABLES Y SISTEMAS DE ENERGÍA (SE12)

Organizadores:
Vanessa Magar, Osvaldo Rodríguez, Carlos López, Alejandro Camilo Espinosa Ramírez

CIENCIAS OCEANOGRÁFICAS, ATMOSFÉRICAS Y SOCIEDAD: ¿CÓMO NOS COMUNICAMOS? (SE13)

Organizadores:
Victor Alejandro Arias Esquivel, Andrea Mitre Apaez, Yoalli Hernández Marmolejo, Ana Lucía de Santos Medina

AVANCES EN MONITOREO AMBIENTAL BASADOS EN PLATAFORMAS ELECTRÓNICAS, HARDWARE Y SOFTWARE DE CÓDIGO ABIERTO (SE14)

Organizadores:
Luis Arturo Méndez Barroso, Ian Mateo Sosa Tinoco, Agustín Robles Morua, Luis Adrian Castro Quiroa

INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN LA DIFUSIÓN DE DATOS Y CONOCIMIENTO CIENTÍFICO (SE15)

Organizadores:
Agustín Robles Morua, Laurent Ávila Chauvet, Luis A. Mendez Barroso, Rolando Diaz Caravantes

MEDICIÓN DE LA CALIDAD DE AIRE DESDE EL ESPACIO (SE16)

Organizadores:
Wolfgang Stremme, Victor Almanza

MODELACIÓN CLIMÁTICA DE LOS MARES MEXICANOS, DÓNDE ESTAMOS Y HACIA DÓNDE DIRIGIRNOS (SE17)

Organizadores:
Sheila Estrada Allis, Paulina Cetina Heredia, Karina Ramos Musalem, Tereza Cavazos Pérez

INVESTIGACIONES EN BIOGEOCIENCIAS PARA EL ESTUDIO DE ECOSISTEMAS EN MÉXICO - LNC MEXFLUX (SE18)

Organizadores:
Tonantzin Tarín, Lyssette E. Muñoz Villers, Enrico Arturo Yépez

LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD EN LAS GEOCIENCIAS (SE19)

Organizadores:
Octavio Gómez Ramos, Caridad Cárdenas Monroy, Adriana Elizabeth González Cabrera

A 30 AÑOS DE LA ACTIVIDAD DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL: AVANCES EN EL CONOCIMIENTO DE SU HISTORIA ERUPTIVA, MONITOREO Y EVALUACIÓN DE PELIGROS Y RIESGOS ASOCIADOS (SE20)

Organizadores:
Lucía Capra Pedol, Giovanni Sosa Ceballos

EXPOSITORES EN LA RAUGM 2024 (SE21)

Organizadores:
Salvador Fernández

CONFERENCIAS PLENARIAS (SE22)

Organizadores:
Lucía Capra Pedol

Cursos

ANÁLISIS DE SISMOGRAMAS (CU01)

Instructores:
Daniel González, Adriana González, Jazmín Reyes, Alan Alarcón

INTRODUCCIÓN AL PROCESAMIENTO DE DATOS SÍSMICOS CON MACHINE LEARNING: MODELOS AUTOMÁTICOS PARA EL PICADO Y LA ASOCIACIÓN DE FASES (CU02)

Instructores:
Karina Bernal Manzanilla, Leonarda Isabel Esquivel Mendiola

INTRODUCCIÓN A SURFACE WATER AND OCEAN TOPOGRAPHY (SWOT) SUBMESOESCALAR CON PYTHON E INTELIGENCIA ARTIFICIAL (CU03)

Instructores:
José Gómez, Carlos Cabrera, Yuritzi Pérez

ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE SEÑALES UTILIZANDO RADIO DEFINIDO POR SOFTWARE (SDR) (CU04)

Instructores:
Víctor De la Luz, Mona Arjang

APLICACIONES DE LA GEOQUÍMICA AL ESTUDIO DEL REGISTRO FÓSIL (CU05)

Instructores:
Francisco Sánchez-Beristain

HIDROGEOQUÍMICA APLICADA (CU06)

Instructores:
Janete Morán Ramírez, José Alfredo Ramos Leal, Eliseo Hernández Pérez, Lorena Elisa Sánchez Higuero

FUNDAMENTOS DE PROGRAMACIÓN DE SENSORES EN SISTEMAS ARDUINO Y ESP32 PARA GEOCIENCIAS (CU07)

Instructores:
Alejandro Rodríguez Trejo, Héctor Enrique Ibarra Ortega

CÁLCULO DE ÓRBITAS DE ASTEROIDES Y COMETAS USANDO PYTHON (CU08)

Instructores:
Raúl Gutiérrez Zalapa, Mario Rodríguez Martínez, Valeria López Atienzo

QGIS APLICADO A LA HIDROLOGÍA (CU09)

Instructores:
Ana Beatriz Rubio Arellano

PROCESAMIENTO DE DATOS GEOREFERENCIADOS CON JUPYTERLAB UTILIZANDO ENTORNOS CONDA Y EL ADMINISTRADOR DE PAQUETES SPACK (CU10)

Instructores:
José Agustín García Reynoso, Dulce Rosario Herrera Moro, Pedro Damián Cruz Santiago

MÉTODOS Y APLICACIONES DE LA GEOQUÍMICA ISOTÓPICA (CU11)

Instructores:
Manuel Contreras López, Gabriela N. Solís Pichardo, Gerardo F. Arrieta García

PREPARACIÓN DE MUESTRAS DE ROCA TOTAL Y CONCENTRADOS MINERALES PARA ESTUDIOS DE GEOQUÍMICA ISOTÓPICA Y GEOCRONOLOGÍA (CU12)

Instructores:
José Teodoro Hernández Treviño, Paola Velázquez Juárez

CONSTRUYE TU PROPIA WEB PARA VISUALIZACIÓN DE DATOS GEOFÍSICOS EN TIEMPO REAL (CU13)

Instructores:
Gael Emiliano Casillas Aviña, Jorge Javier Hernández Gómez, Abraham de Jesús Pablo Sotelo, Carlos Alberto López Balcazar

MODELACIÓN HIDROGEOQUÍMICA MEDIANTE EL USO DE PHREEQC Y PHREEPLOT (CU14)

Instructores:
Juan Sebastian De Gyves López, Janete Morán Ramírez, Eliseo Hernández Pérez

OBTENCIÓN DE IMÁGENES SOLARES H-ALPHA A PARTIR DE SOFTWARE ESPECIALIZADO (CU15)

Instructores:
Mario Rodríguez Martínez

HERRAMIENTAS DE PYTHON PARA PROCESAMIENTO DE DATOS DE VIENTO DE BOYAS Y DATOS DE CORRIENTES DE ADCP (CU16)

Instructores:
Victor Alejandro Arias Esquivel

INTRODUCCIÓN AL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES USANDO PYTHON (CU17)

Instructores:
Erika Danaé López Espinoza, José Agustín García Reynoso, Dulce Rosario Herrera Moro, Pedro Damián Cruz Santiago

MODELADO NUMÉRICO DE SISTEMAS GEOTÉRMICOS EN TOUGH2: PRINCIPIOS Y ESTRATEGIAS (CU18)

Instructores:
Fernando Javier Guerrero

Expositores

KINEMATRICS

<https://kinematics.com>

GEOELEC

<https://geoelec.com.mx>

GEOTEM

<https://geotem.com.mx>

VASE SÍSMICA

<https://www.vasesismica.com.mx>

COMEXMOL

<https://comexmol.com>

GUIDELINE GEO

<https://www.guidelinegeo.com>

NANOMETRICS

<https://nanometrics.ca>

AMPERE

<https://gruposimonett.com>

NORTEK

<https://www.nortekgroup.com>

RED SÍSMICA DEL CICESE

<https://resnom.cicese.mx>

SISTEMA DE LABORATORIOS ESPECIALIZADOS DE CIENCIAS DE LA TIERRA, CICESE

<https://sle-ct.cicese.mx>

TERRACON INGENIERÍA

<https://terracon-int.com>

DIVISIÓN DE OCEANOLOGÍA, CICESE

<https://www.cicese.mx>

GRUPO KB DE MÉXICO

<https://www.grupokb.com.mx>

POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA, CICESE

<https://www.cicese.mx>

SCINTREX

<https://scintrexltd.com>

TASE

<https://tase.com.mx>

DEPARTAMENTO DE EMBARCACIONES OCEANOGRÁFICAS, CICESE

<https://www.cicese.mx>

GEOFÍSICA INTERNACIONAL, UNAM

<http://ojs.geofisica.unam.mx>

CENTRO DE CIENCIAS DE LA TIERRA, UV

<https://www.uv.mx>

GEOCIENCIAS APLICADAS, IPICYT

<https://ipicyt.edu.mx>

INSTITUTO DE GEOCIENCIAS, UNAM

<http://www.geociencias.unam.mx>

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

<https://www.ugto.mx>

POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA, UNAM

<http://www.pctierra.unam.mx>

INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

<https://www.geofisica.unam.mx>

INSTITUTO DE GEOLOGÍA, UNAM

<https://www.geologia.unam.mx>

Patrocinadores

KINEMATRICS

<https://kinematics.com>

GEOELEC

<https://geoelec.com.mx>

COORDINACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, UNAM

<https://www.cic.unam.mx>

INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

<https://www.geofisica.unam.mx>

CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, CICESE

<https://www.cicese.edu.mx>

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA Y CAMBIO CLIMÁTICO, UNAM

<https://www.atmosfera.unam.mx>

INSTITUTO DE GEOLOGÍA, UNAM

<https://www.geologia.unam.mx>

INSTITUTO DE GEOGRAFÍA, UNAM

<https://www.geografia.unam.mx>

DIRECCIÓN GENERAL DE DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA, UNAM

<https://www.dgdc.unam.mx>

THE GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA

<https://www.geosociety.org>

MUNICIPIO DE PUERTO VALLARTA

<https://www.puertovallarta.gob.mx>

ESCUELA NACIONAL DE ARTES CINEMATOGRAFICAS, UNAM

<https://www.enac.unam.mx>

MARLYN HOTEL

<https://www.marlynhotel.com>

CENTRO DE MONITOREO VULCANOLÓGICO-SISMOLÓGICO, UNICACH

<https://monitoreo.unicach.mx>

WOMEN TECHMAKERS

<https://developers.google.com/womentechmakers>

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

<https://www.udg.mx>

STEREN

<https://www.steren.com.mx>

Sociedades Afiliadas

AMERICAN GEOPHYSICAL UNION, AGU

<https://www.agu.org>

COMMUNITY SCIENCE EXCHANGE, CSE

<https://communitysci.org>

EUROPEAN ASSOCIATION OF GEOSCIENTISTS & ENGINEERS, EAGE

<https://eage.org>

INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR PROMOTING GEOETHICS, IAPG

<https://www.geoethics.org>

SOCIETY OF EXPLORATION GEOPHYSICISTS, SEG

<https://seg.org>

THE GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA, GSA

<https://www.geosociety.org>

Mesa Directiva

José Luis Macías Vázquez

Presidente

Instituto de Geofísica, UNAM

Américo González Esparza

Vicepresidente

Instituto de Geofísica, UNAM

Mario González Escobar

Tesorero

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Antonio Pola Villaseñor

Secretario general

Escuela Nacional de Estudios Superiores, UNAM

Lucia Capra Pedol

Secretaria de investigación

Instituto de Geociencias, UNAM

Avith Mendoza Ponce

Secretaria de difusión

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, UNICACH

Óscar Alberto Castro Artola

Secretario de educación

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Elva Escobar Briones

Secretaria de vinculación

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

Representantes de Sección

Diego Ruiz Aguilar

Tierra Sólida

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Paula Pérez Brunius

Oceanografía y Limnología

División de Oceanología, CICESE

Mercedes Andrade Velázquez

Atmósfera

Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad, A.C.

Esmeralda Romero Hernández

Ciencias Espaciales

Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL

Comité Organizador

Ángel Daniel Peralta Castro

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

José de Jesús Mojarro Bermúdez

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Juan Salvador Fernández Peña

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH

María Gabriela Ramírez Ortiz

Unión Geofísica Mexicana, UGM

Sergio Manuel Arregui Ojeda

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Equipo de trabajo

Ana María Soler Arechalde

Instituto de Geofísica, UNAM

Araceli Zamora Camacho

Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara

Arceo Ernesto Lázaro Larios

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Blanca Estrella Sánchez Garibay

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH

Carlos Simon Reyes Martínez

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Catalina Armendáriz Beltrán

Instituto de Geofísica, UNAM

Cristian Alejandro Gallegos Castillo

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Edgar Agustín Mastache Román

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Eduardo Rodríguez Orozco

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Héctor Tecanhuey Sánchez

Instituto de Geofísica, UNAM

Hugo Iván Sereno Villaseñor

Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM

Johana Andrea Gómez Arango

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

Karla Gabriela Cruz Cruz

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH

Luis Eduardo Ochoa Tinajero

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Maricarmen Hernández Cervantes

Instituto de Geofísica, UNAM

Mario Alberto Fuentes Arreazola

Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara

Marisol Juárez Reyes

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Moisés Daniel González Álvarez

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Mónica Sánchez Oliveros

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Omar Séneca Falcón

Servicio Sismológico Nacional, UNAM

Young Ho Aladro Chio

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

ÍNDICE GENERAL

	Página
Editorial	i
Estructura de la Reunión Anual 2024	ii
Índice general	xi

Sesiones Regulares

Arqueometría (AR)	1
Ciencias del suelo (CS)	4
Climatología, cambios climáticos y atmósfera (CCA)	7
Exploración geofísica (EG)	20
Física espacial (FE)	27
Geodesia (GEOD)	31
Geohidrología (GEOH)	32
Geología del petróleo (GP)	38
Geología estructural y tectónica (GET)	40
Geología y geofísica ambiental (GGA)	45
Geomagnetismo y paleomagnetismo (GEOPAL)	48
Geoquímica y petrología (GEOQP)	51
Modelación de sistemas geofísicos (MSG)	57
Oceanografía costera (OCC)	64
Oceanología (OCE)	69
Paleontología (PALEO)	81
Riesgos naturales (RN)	83
Sedimentología y estratigrafía (SED)	90
Sismología (SIS)	92
Vulcanología (VUL)	105

Sesiones Especiales

Limnología física (SE01)	111
Las geociencias en la sociedad: educación, difusión y divulgación (SE02)	113
Ciencias espaciales, química prebiótica y astrobiología (SE03)	119
Patrimonio geológico y geodiversidad (SE04)	125
Reconstrucción paleoclimática: registros continentales y marinos (SE05)	128

La Estación Regional del Noroeste: 50 años de presencia de la UNAM en el noroeste de México (SE06)	132
Sismos pequeños, grandes desafíos (SE07)	136
Estado actual del conocimiento geológico, geofísico e hidrometeorológico y del monitoreo del volcán Pico de Orizaba (Citlaltépetl) (SE08)	139
Las rocas a través de imágenes: conociendo su microestructura (SE09)	143
En honor al Dr. Luis Manuel Alva Valdivia y su legado al paleomagnetismo, la geofísica, las ciencias de la tierra y más allá (SE10)	146
La visión de los sistemas de flujo de agua subterránea para resolver las problemáticas del agua subterránea en México (SE11)	149
Energías renovables y sistemas de energía (SE12)	153
Ciencias oceanográficas, atmosféricas y sociedad: ¿cómo nos comunicamos? (SE13)	155
Avances en monitoreo ambiental basados en plataformas electrónicas, hardware y software de código abierto (SE14)	157
Innovaciones tecnológicas en la difusión de datos y conocimiento científico (SE15)	163
Medición de la calidad de aire desde el espacio (SE16)	165
Modelación climática de los mares mexicanos, dónde estamos y hacia dónde dirigirnos (SE17)	169
Investigaciones en biogeociencias para el estudio de ecosistemas en México - LNC MexFlux (SE18)	171
Los sistemas de gestión de la calidad en las geociencias (SE19)	176
A 30 años de la actividad del Volcán Popocatepetl: avances en el conocimiento de su historia eruptiva, monitoreo y evaluación de peligros y riesgos asociados (SE20)	179
Expositores en la RAUGM 2024 (SE21)	185
Conferencias plenarias (SE22)	188
Índice de autores	190

Sesión regular

ARQUEOMETRÍA

Organizadores

Galia González Hernández
Ángel Ramírez Luna

AR-1 PLÁTICA INVITADA

ESTUDIO INTERDISCIPLINARIO EN EL BARRIO DE TLAJINGA TEOTIHUACAN

Blancas Vázquez Jorge¹, Barba Luis¹, Ortiz Agustín¹ y Carballo David²¹Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM²Boston University

jorgeblancas@unam.mx

El Barrio de Tlajinga se ubica en la franja sureña de la antigua ciudad de Teotihuacan, preserva materiales prehispánicos diseminados sobre el terreno, además de estructuras arqueológicas enterradas. Las investigaciones del Proyecto Arqueológico Tlajinga Teotihuacan (PATT) se enfocaron en un centro de barrio residencial no elitista, utilizando la prospección geofísica, percepción remota y topografía con GPS diferencial para una mejor comprensión de la organización espacial de los conjuntos departamentales y barrios en Teotihuacán. Los estudios demostraron que en contraste con el mapa producido por el Teotihuacan Mapping Project (TMP de Rene Millon), el distrito de Tlajinga es más rectangular y está más formalmente organizado, mientras que los conjuntos individuales tienen formas más irregulares, como lo mostraron en algún momento las excavaciones de Tlajinga 33. Las imágenes satelitales revelaron manchas blanquecinas en el terreno, algunas corresponden con las áreas más elevadas y con la desintegración de los aplanados de cal, destruidos por el tiempo y el trabajo agrícola. La prospección geofísica localizó la continuación del trazo de la Calzada de los Muertos que cruza este distrito mediante la modificación del relieve ocasionada por la excavación realizada en la toba volcánica subyacente (tepetate), además de otros conjuntos que aún permanecen enterrados y que pueden ser excavados y estudiados en un futuro. A partir de los resultados, se sabe que existen conjuntos arquitectónicos bien elaborados y algunos decorados con pintura mural en la parte sur de Tlajinga, y que parecen haber sido el centro de actividades cívico-ceremoniales. Los materiales que se recuperaron de las excavaciones no son exclusivos de un uso residencial, aunque es posible que las élites locales vivieran en otras áreas del complejo. El estudio interdisciplinario reveló según David Carballo codirector del PATT, que los espacios semipúblicos de los centros de barrio se encuentran presentes aún en la periferia de Teotihuacan y podían ser tan elaborados como los del epicentro de la ciudad, lo que nos muestra menos niveles de desigualdad social en la gran urbe.

AR-2

REGISTRO LIDAR DE ARQUITECTURA MORTUORIA “TUMBA DE TIRO” EN LA ISLA DE ATITLÁN, SAN JUANITO DE ESCOBEDO, JALISCO

Blanco Morales Ericka Sofía, Jiménez Delgado Gerardo,
López Mejía Javier y Hernández Espinosa Armando

Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

erickasofiablanco@gmail.com

Las sociedades humanas que habitaron las inmediaciones de la Cuenca de Magdalena del estado de Jalisco durante el 350 a.C. al 350 d.C. se conocen arqueológicamente bajo los términos de Tradición Teuchitlán y/o Tumba de Tiro. Estos grupos se definen culturalmente por sus características arquitectónicas compartidas vistas tanto en la composición de sus espacios públicos denominados “guachimontón” los cuales se basan en círculos concéntricos formados por templos rectangulares que circundan un patio y un altar circular central, como en sus construcciones mortuorias tumbas de tiro que se conforman por la excavación de un angosto túnel vertical al que se accede a una, dos o tres cámaras fúnebres y por sus conjuntos domésticos cruciformes formados por cuatro estructuras rectangulares y un patio central. En La isla de Atitlán, sitio arqueológico en un volcán cinerítico que se ubica dentro de lo que fuera el cuerpo lacustre principal de la cuenca, en los confines del actual municipio de San Juanito de Escobedo, se registró por primera vez bajo las técnicas formales de arqueología, una tumba de tiro. El hallazgo confirmó la presencia de esta sociedad temprana en la isla, así como las prácticas rituales asociadas a la construcción. Para su registro resultó fundamental, además de la excavación sistemática, el levantamiento con un sensor LiDAR móvil equipado con un sistema de localización y mapeo simultáneo (SLAM), a partir del cual, se llevó a cabo una reconstrucción y modelado tridimensional de la tumba, lo que sirvió para poner a prueba por primera vez este tipo de registro en la región y así, definir

sus alcances en cuanto al análisis arquitectónico y estructural de tan emblemáticas criptas fúnebres.

AR-3 PLÁTICA INVITADA

ESTUDIOS ARQUEOMÉTRICOS EN EL BARRIO DEL RÍO SAN JUAN, TEOTIHUACAN

Ortiz Agustín¹, Barba Luis¹, Pecci Alessandra²,
Moragas Natalia², Blancas Jorge¹ y Bernal Itzayana¹

¹Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM²Facultat de Geografia i Història de la Universitat de Barcelona

ortizbutron@gmail.com

Desde el 2018 hasta la actualidad, se ha venido realizando un proyecto interdisciplinario conjunto entre el Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM y la Facultat de Geografia i Història de la Universitat de Barcelona en un barrio central de la gran ciudad de Teotihuacan, ubicado en N2E1- N2E2 del mapa de Millon, entre la Pirámide del Sol y la Ciudadela, para entender su distribución, etapas constructivas y actividades realizadas. Hasta el momento se han estudiado aproximadamente 42,000 m² de terreno a con estudios de gradiente magnético y verificaciones localizadas de resistividad eléctrica y georradar. Al mismo tiempo se ha registrado la distribución de la cerámica en la superficie y se han realizado estudios de residuos químicos, para estudiar el tipo de actividades que pudieron realizarse en espacios diferenciados del barrio. Los estudios geofísicos han evidenciado en ciertos sectores del barrio, una transformación arquitectónica de unidades habitacionales a grandes plazas. Lo que significó un cambio en el tipo de actividades, así como una modificación del paisaje urbanístico. El barrio se ubica en una zona privilegiada al sur de las depresiones de donde se extrajeron los materiales para la construcción de la ciudad e inmediatamente al norte del Río San Juan.

AR-4

ARTEFACTOS DE MOLIENDA EN LA CUENCA DE MÉXICO: UN ESTUDIO A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE HUELLAS DE USO Y MICRORRESIDUOS

Pérez Martínez Patricia¹, Cruz Palma Jorge Ezra¹, Domínguez Zannie Paloma¹, Reyes Armella Marcos Alejandro¹ y Acosta Ochoa Guillermo³

¹Escuela Nacional de Antropología e Historia, ENAH²Programa de Maestría y Doctorado en Estudios Mesoamericanos, UNAM³Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

patyperezmtz@gmail.com

Este estudio tiene como objetivo reevaluar uno de los periodos menos conocidos en la arqueología de la Cuenca de México a través del análisis funcional microscópico y la identificación de residuos en herramientas de molienda del sitio de San Gregorio, Atlapulco. Para ello, se realizó un trabajo experimental utilizando diversas especies de plantas, frutos y tubérculos identificados mediante análisis de almidón, con el fin de crear un catálogo de referencia para la comparación con nuestro conjunto arqueológico. A partir de esta propuesta metodológica hemos podido identificar un uso asociada el procesamiento de las plantas, mediante el análisis de residuos se pudo identificar granos de almidón de Ipomea batatas, Phaseolus vulgaris, Zea mays, Physalis sp, Capsicum sp y Dioscorea sp. Las huellas de uso (piqueado, microestrías y micropulidos), sugieren actividades de molienda breves pero intensas en la superficie de estos materiales. Estos resultados indican que la dieta de estas sociedades se basaba en la recolección de plantas y recursos de la llanura lacustre, complementada con el consumo de plantas domesticadas como el maíz durante un período de mejoramiento climático que precedió al surgimiento de las cerámicas más tempranas en el centro de México, específicamente durante la Fase Atlapulco (ca. 4200-3800 BCE).

AR-5 PLÁTICA INVITADA

INTERCAMBIO Y CONTROL DE LA OBSIDIANA EN EL SUR DE LA CUENCA DE MÉXICO: UNA REVISIÓN DEL POSCLÁSICO TEMPRANO AL TARDÍO

Jiménez González Rocío Berenice¹ y Acosta Ochoa Guillermo²

¹Instituto Nacional de Antropología e Historia, INAH

²Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

rberenicejimenez@gmail.com

Los mecanismos de obtención, las implicaciones políticas y económicas vinculadas al intercambio a larga distancia y a la obtención de un recurso estratégico como la obsidiana, han sido escasamente abordados en la Cuenca de México durante el periodo que antecede a la Triple Alianza. La sobre representación de la obsidiana de la Sierra de Pachuca durante el Posclásico Tardío (1350-1521 EC) y su control por la Triple Alianza, ha dado la falsa idea de que este yacimiento fue el principal proveedor de materia prima para la manufactura de navajillas prismáticas durante el Posclásico en general (900-1521 EC), relegando al yacimiento como el de Otumba y otros más lejanos, a un papel secundario para la manufactura de bifaciales. En este estudio se presenta el análisis de la obsidiana de dos sitios ejemplares para los periodos Posclásico Temprano (900-1350 EC) y Posclásico Tardío en el área de Xochimilco. Nuestros resultados indican que en el sitio del Posclásico Temprano, la obsidiana de Pachuca representa menos de una quinta parte, mientras que la obsidiana de Ucareo representa un tercio del total de la muestra en la forma de navajillas de obsidiana. La obsidiana de Otumba en cambio, es la dominante en la manufactura de bifaciales. Durante el Posclásico Tardío y bajo el control político de la Triple Alianza, la obsidiana verde de Pachuca domina entre la materia prima empleada, principalmente bajo la forma de navajillas prismáticas, la obsidiana de Otumba está representada en un porcentaje mucho menor, mientras que la obsidiana de Ucareo está ausente del registro, pues durante este periodo el yacimiento es controlado por el imperio Tarasco. Lo anterior indica el control que la Triple Alianza ejerció sobre este bien, particularmente de la obsidiana verde de Pachuca.

AR-6

ANÁLISIS ARQUEOMÉTRICO Y ESPACIAL DE LOS ARTEFACTOS LÍTICOS DE SANTA ISABEL IXTAPAN: PROYECTO “PRIMEROS POBLADORES Y MEGAFUNA DE LA CUENCA DE MÉXICO”

Coba Morales Luis Alberto¹, Acosta Ochoa Guillermo² y Pérez Martínez Patricia³

¹Escuela Nacional de Antropología e Historia, ENAH

²Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

luisalbert.coba@gmail.com

Se expondrán los resultados sobre el estudio de los probables yacimientos de materia prima de los artefactos líticos encontrados en Santa Isabel Ixtapan como parte del Proyecto CONAHCYT 320343 “Primeros Pobladores y Megafauna de la cuenca de México. Para ello, se emplearon técnicas avanzadas de análisis como la Fluorescencia de Rayos X, Espectroscopia de Energía Dispersiva, entre otras, para determinar la composición química de los artefactos con el fin de rastrear la procedencia de la materia prima utilizada en su manufactura. Además, se propone el uso de análisis espaciales mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG) para establecer las probables rutas de acceso a los yacimientos de materia prima. Partiendo de la relación entre la ubicación del hallazgo del mamut, la alta movilidad de grupos de cazadores recolectores y los principales yacimientos identificados a través de los análisis geoquímicos. Este enfoque multidisciplinario permite no solo identificar los lugares de origen de los materiales utilizados por las poblaciones prehistóricas en la fabricación de artefactos, sino también comprender mejor las dinámicas de movilidad y explotación de recursos en la cuenca de México o incluso de regiones más lejanas. Los resultados obtenidos tendrán un impacto significativo en el campo de la arqueología al proporcionar información crucial sobre la vida y las actividades de los grupos de cazadores recolectores durante finales del Pleistoceno. Palabras clave: Cazadores recolectores, procedencia, análisis espacial, Cuenca de México, artefactos líticos.

AR-7 PLÁTICA INVITADA

ESTUDIOS SOBRE PROCEDENCIA Y ANÁLISIS COMPOSICIONAL EN CERÁMICA ARQUEOLÓGICA: UNA EVALUACIÓN METODOLÓGICA

Acosta Ochoa Guillermo¹, Guerrero Prado Benjamín Bogdan²,

Jiménez González R. Berenice³ y Cabadas Báez Héctor Víctor⁴

¹Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

²Universidad Nacional Autónoma de México

³Dirección de Salvamento Arqueológico, Instituto Nacional de Antropología e Historia

⁴Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

acostaoschoa@gmail.com

El estudio composicional de la cerámica arqueológica plantea problemáticas teóricas y metodológicas particulares. A diferencia del estudio de otros materiales como la obsidiana, cuyo origen ígneo y características de homogeneidad composicional y concentración específica de elementos traza la hacen un material idóneo; la cerámica es un material complejo. Si bien es cierto que la cerámica se manufactura

con arcillas que pueden tener la huella geoquímica específica de la fuente de materia prima empleada para la manufactura, otras decisiones tecnológicas complican su composición y, eventualmente, la caracterización de su probable procedencia. Por ejemplo, el empleo de otras inclusiones gruesas (desgrasantes) añadidas como agentes para reducir la plasticidad puede ser en forma de elementos minerales, orgánicos o fragmentos de otras cerámicas, lo cual añade una complejidad composicional que afecta la caracterización de grupos composicionales. En el presente trabajo se exponen los problemas metodológicos e instrumentales para establecer grupos composicionales mediante técnicas espectroscópicas, la posibilidad de realizar análisis no destructivos o mínimamente invasivos mediante XRF y la necesidad de complementar este tipo de estudios con otros más tradicionales como el estudio petrográfico y mineralógico (XRD).

AR-8

LOS CAMBIOS DEL ENTORNO FLUVIO-LACUSTRE EN EL ÁREA DE ATENCO, NUEVAS DATACIONES RADIOMÉTRICAS

Beramendi Orosco Laura¹, González Hernández Galia¹, Acosta Ochoa Guillermo¹, Coba Morales Luis Alberto², Córdova Carlos³ y Morett Alatorre Luis⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Escuela Nacional de Antropología e Historia, ENAH

³Oklahoma State University

⁴Universidad Autónoma de Chapingo

laurab@geologia.unam.mx

Los asentamientos humanos a la orilla del extinto Lago de Texcoco, en la zona noroccidental de la Cuenca de México, estuvieron influenciados por grandes cambios ambientales y un entorno altamente dinámico, marcado por periodos secos donde el lago de Texcoco retrocedía dejando grandes planicies de sedimentos salinos que fueron empleados para la producción de sal en los periodos más secos (Preclásico Tardío, ca. 250-0 AEC; Epiclásico, ca. 650-850 EC), además de charcas de agua dulce creadas por las corrientes temporales de los ríos que desembocaban en esta área (San Juan, Papalotla, Jalapango) y manantiales de agua termal que formaron facies carbonatadas en suelos y sedimentos, sugiriendo charcas que podrían ser de utilidad humana aún en los periodos más secos. En cambio, durante los periodos de mayor precipitación pluvial (Pluvial del Posclásico, ca. 900-1200 EC; y Pluvial Azteca ca. 1350-1500 EC), el lago avanzó, creando condiciones de potenciales inundaciones que debieron controlarse mediante diques, albardas y esclusas; pero también permitiendo el avance de una agricultura extensiva asociada al auge demográfico de la cuenca de México en el momento inmediato anterior a la llegada de los españoles. En el presente trabajo se sintetizan los datos ambientales obtenidos de tres secuencias sedimentarias y los resultados de las dataciones radiométricas de estas secuencias que permiten evaluar mejor estos cambios ambientales.

AR-9 CARTEL

¿ES MADERA O HUESO?: UNA APROXIMACIÓN MACRO Y MICROSCÓPICA PARA EL ANÁLISIS DE MATERIALES ARQUEOLÓGICOS ORGÁNICOS

Martínez-Yrizar Diana¹, Pérez-Martínez Patricia², Adriano-Morán Carmen Cristina¹ y Balcorta-Yépez Antonio³

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Escuela Nacional de Antropología e Historia, ENAH

³Instituto Nacional de Antropología e Historia, INAH

yrizarmd@hotmail.com

Durante la primera mitad del año 2018, se realizó un salvamento arqueológico en un predio de la calle La Otra Banda No. 1, en San Ángel, al sur de la Ciudad de México, a cargo del Arqueólogo Antonio Balcorta, en el cual se exploraron 2 etapas ocupacionales: una del siglo XIX – XX, correspondiente a las casas de los trabajadores de la fábrica de papel Loreto y la segunda al periodo preclásico, Fase Zacatenco (700 – 400 a. C) y Ticomán (400 – 200 a.C.), en el que se hallaron 26 fosas, más de la mitad de tipo Tronco cónico. Cabe señalar que el sitio no fue cubierto por la erupción del Xitle y que su abandono presentó un proceso paralelo al de Cuicuilco. Se recuperaron muestras para análisis botánico en el Laboratorio de Paleobotánica y Paleoambiente de IIA de la UNAM. El objetivo de este trabajo es presentar los primeros resultados del análisis macro y microscópico de dos muestras, asignadas en la etapa de excavación como madera. En una primera revisión se observó que no correspondía a este tipo de materia prima, por lo que se recurrió al Laboratorio de Prehistoria y Evolución para su reconocimiento. Hasta el momento se ha podido identificar que se trata de fragmentos de hueso mineralizado, que presentan cortes transversales y las superficies se observan pulidas.

AR-10 CARTEL

LOS MANTENIMIENTOS PREHISPÁNICOS: DE LA EVIDENCIA ARQUEOLÓGICA A LOS CÓDICES - AMARANTHUS, CHENOPODIUM Y SALVIA

McClung de Tapia Emily, Adriano Morán Carmen Cristina y Martínez Yrizar Diana
Universidad Nacional Autónoma de México
 emily.mcclungtapia@gmail.com

El maíz, frijol y calabaza constituyen la llamada triada mesoamericana considerada como la base de la alimentación de los pueblos prehispánicos, así como las comunidades tradicionales actuales del centro de México. Sin embargo, en el Códice Florentino en la sección dedicada a los mantenimientos se mencionan otras tres plantas: huautli (*Amaranthus* sp.), huauzontle (*Chenopodium* sp.) y chía (*Salvia* sp.) como parte integral de la alimentación. Su relevancia ha pasado casi inadvertida a pesar de las referencias en el Florentino y que, en la Matricula de Tributos, se mencionan entre los productos que las provincias del centro de México aportaban a Tenochtitlan. Durante varias décadas se han realizado excavaciones en distintos sitios del Valle de Teotihuacan, que cubren la secuencia de ocupación desde el periodo Formativo al Posclásico (1500 a.n.e.-1500 d.n.e), de los cuales se han recuperado semillas carbonizadas y no carbonizadas de estos géneros. El objetivo de este trabajo es mostrar la relevancia de estas plantas para los antiguos pobladores del Valle de Teotihuacan así como enfatizar la diversidad de la base de subsistencia a través del tiempo.

AR-11 CARTEL

PATRONES DE SUBSISTENCIA DE CAZADORES-RECOLECTORES EN LA FLOR DEL OCEANO, LAS LABRADAS, SINALOA

Reyes Armella Marcos Alejandro¹ y Pérez Martínez Patricia²

¹Universidad Nacional Autónoma de México
²ENAH

marcos.reyes.22@comunidad.unam.mx

La Flor del Océano es un sitio costero ubicado en el municipio de San Ignacio, Sinaloa, aproximadamente a 1km de la Zona de Monumentos Arqueológicos de Las Labradas. En el sitio se han identificado dos etapas de ocupación: la más tardía corresponde a la fase Aztatlán y presenta materiales cerámicos, obsidiana y concha; mientras que la etapa más temprana corresponde a una ocupación precerámica esta definida por herramientas líticas bifaciales manufacturadas en riolita y por la ausencia de otros restos materiales. A pesar de no contar con fechamientos absolutos, por medio de análisis de suelos se ha logrado dar una temporalidad relativa de 7,000 años para la etapa más temprana, correspondiendo con el llamado periodo Arcaico. Debido a que para esta ocupación temprana solamente se han nada registrado herramientas líticas y es de gran notoriedad la falta de materiales conculógicos a pesar de que el asentamiento esta ubicado en un estero, se propone que para esta temporalidad los grupos que habitaron la Flor del Océano aprovecharon en su mayoría recursos vegetales. Esta hipótesis puede ser contrastable por medio del análisis de huellas de uso de las herramientas del periodo Arcaico, de tal forma que se podría identificar el aprovechamiento de recursos de este grupo.

AR-12 CARTEL

ANÁLISIS FUNCIONALES APLICADOS PARA INFERIR LOS PATRONES DE SUBSISTENCIA DE LOS GRUPOS PRECERÁMICOS DEL SITIO EL JAPÓN EN SAN GREGORIO, ATLAULCO

Dominguez Zannie Paloma

Escuela Nacional de Antropología e Historia, ENAH
 paloma.d.zannie@gmail.com

Dentro del marco del proyecto Poblamiento Agricultura Inicial y Sociedades Aldeanas en la Cuenca de México, se desarrolló un proyecto de investigación enfocado a determinar los patrones de subsistencia de los grupos precerámicos que ocuparon el sitio del Japón, por medio de análisis funcionales aplicados al conjunto lítico recuperado dentro del contexto arqueológico. Los análisis de huellas de uso o análisis funcionales, como también se les conoce, son una propuesta metodológica cuyo objetivo es conocer la funcionalidad de los artefactos líticos, con el uso de microscopía en altos y bajos aumentos, y creando marcos de referencia a través de programas experimentales. Entendemos que las huellas de uso son residuos de desgaste mecánico, fracturas o desprendimiento de los bordes, que fueron creados en los artefactos arqueológicos a partir de las actividades que se realizaron con ellos. Este desgaste puede ser observable a nivel macro y microscópico y se presenta en la forma de estrías, microlasqueos, micropulidos y microresiduos. Los resultados de los análisis funcionales nos permitieron inferir un patrón de subsistencia donde se aprovechaban los recursos lacustres y de piedemonte que se encontraban de manera accesible en el contexto del sitio. Aunado a esto se pudo observar un cambio en la utilización del conjunto lítico, que se dio entre fases ocupacionales, donde se pudo observar que las piezas de basalto eran utilizadas para el desgaste de materias vegetales, mientras que las obsidianas se restringían al desgaste de materias animales. Los cambios en el comportamiento del uso del del conjunto lítico nos

pueden indicar una especialización mayor adaptabilidad al uso y aprovechamiento de los recursos que se encontraban disponibles en el sitio.

AR-13 CARTEL

ANÁLISIS ARQUEOMÉTRICO DE UN PALAFITO RITUAL DEL POSCLÁSICO EN EL LAGO DE TEXCOCO

González Hernández Galia¹, Morett Alatorre Luis², Acosta Ochoa Guillermo³, Beramendi Orosco Laura³ y Caba Morales Luis Alberto³

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Universidad Autónoma de Chapingo

³Escuela Nacional de Antropología e Historia, ENAH

galia@igeofisica.unam.mx

En el presente trabajo se expone la datación, análisis sedimentario e integración de los datos sobre materiales arqueológicos del sitio Loc210, localizado al centro del antiguo lago de Texcoco, representado por restos de una estructura de madera del tipo Palafito en el que se hallaron una serie de objetos rituales (figurillas de "piedra verde", sahumeros y otros artefactos líticos) que se asemejan a los reportados por las fuentes etnohistóricas (Libro I, f.23r) como parte de las ofrendas al lago en el llamado "remolino de Pantitlán". Los resultados preliminares de la datación por Espectrometría de Centelleo Líquido de uno de los pilotes del palafito, indicaba una temporalidad anterior a la actividad del periodo Azteca tardío (ca. 1350-1521 EC) sugerida por los materiales, indicando dos posibilidades: La reutilización de uno de los pilotes de madera para la construcción del palafito; o bien, que el palafito haya sido construido durante la fase Azteca Temprano (ca. 1000-1350 EC) y su uso haya continuado durante periodos más tardíos. Con el fin de evaluar estas hipótesis, se tomaron nuevas muestras para análisis de radiocarbono, cuyos resultados se presentan aquí.

AR-14 CARTEL

INVESTIGACIÓN ARQUEOMAGNÉTICA EN RED HIDRÁULICA PREHISPÁNICA HALLADA EN CATEDRAL SAN BERNARDINO DE SIENA, XOCHIMILCO, CIUDAD DE MÉXICO

López Delgado Verónica¹, Soler Arechalde Ana María², Jiménez González Rocío Berenice³, Acosta Ochoa Guillermo³ y Barrera Huerta Alan³

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³INAH

⁴Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

⁵Posgrado en Estudios Mesoamericanos, UNAM

verol@ciencias.unam.mx

En el sismo del 19 de septiembre de 2017 se derrumbó la arcada y muro perimetral de la Catedral San Bernardino de Siena, Xochimilco, Ciudad de México. Durante el trabajo de Rescate Arqueológico realizado en el año 2000, se hallaron diversas estructuras prehispánicas en el perímetro y patios de la Catedral. En excavaciones arqueológicas fueron localizados tres acueductos a ras de suelo y una caja o pila de agua, los acueductos presentan recubrimiento con estuco de alta calidad, los canales posiblemente transportaban agua potable y en la pila se almacenaba. Los acueductos fueron construidos con uso de técnicas prehispánicas para su forma y acabados, y están sobre terraplenes, no son elevados sobre arquerías. En pozo de sondeo fue registrada cerámica de estilo Azteca I, Azteca II y Coyotlatelco. Cerca de uno de los canales se localizó un entierro humano como ofrenda, con rasgos de tradición religiosa cristiana. Y se registró la presencia de dos pisos prehispánicos en columna estratigráfica. Para realizar el estudio arqueomagnético sobre los estucos de las estructuras hidráulicas se orientó en sitio con brújula Brunton, 8 muestras de los acueductos y caja de agua y 2 muestras de los pisos prehispánicos. Las diez muestras fueron trasladadas y consolidadas en el Laboratorio Universitario de Paleomagnetismo del Instituto de Geofísica, UNAM. Por medio de lavados magnéticos se determinó la dirección geomagnética principal en el pasado y en comparación con la Curva de Variación Secular para Mesoamérica (Soler-Arechalde et al 2019) se determinaron los periodos temporales de coincidencia. Para la determinación del mineral portador magnético se realizaron experimento de magnetismo de rocas. La obra hidráulica prehispánica estudiada por sus características, ubicación y profundidad, es una obra relacionada con el primer momento constructivo de la Catedral San Bernardino de Siena, realizada en el siglo XVI, muy cercano al momento del contacto y conquista española. Los resultados arqueomagnéticos obtenidos representan evidencia de la transición en los métodos constructivos dicha época. El registro y estudio arqueomagnético de una red hidráulica en el área de Xochimilco de suma importancia en la Cuenca de México, contribuye al conocimiento de las ocupaciones humanas y sus condiciones, ya que en para dicha temporalidad hay escasos estudios y la curva de calibración de radiocarbono tiene incertidumbre de hasta un siglo.

Sesión regular

CIENCIAS DEL SUELO

Organizador
Sergio Alvarado Soto

CS-1

EVALUACIÓN DEL ENRIQUECIMIENTO Y MOVILIDAD DE METAL(OID)ES EN SUELOS DE LA CUENCA DEL RÍO GUANAJUATO, MÉXICO

Rueda-Garzon Luisa¹, Carrillo-Chávez Alejandro¹, Miranda-Avilés Raúl¹, Puy-Alguiza María Jesús², Zanol Gabriela³, Muñoz-Torres Carolina¹, Kshirsagar Pooja² y Li Yanmei²

¹Instituto de Geociencias, UNAM

²Departamento de Minas, Metalurgia y Geología, UG

³Departamento de Ciencias Ambientales, UG

lf.ruedagarzon@outlook.com

Los suelos cercanos a las zonas mineras suelen presentar altas concentraciones de metal(oid)es, al exponerse a condiciones ambientales enfrentan procesos de erosión y meteorización, liberando sus componentes y representando un riesgo significativo para el medio ambiente y la salud humana. México, con su extensa historia minera, alberga distritos como el de Guanajuato, que ha sido explotado desde 1548. En la cuenca del río Guanajuato, donde se encuentra este distrito, se han reportado concentraciones anómalas de metal(oid)es en rocas, jales mineros, sedimentos de arroyo, presa y terrazas, además de agua de arroyos, presas y subterránea. El objetivo de este estudio fue determinar el enriquecimiento de metal(oid)es en suelos e investigar su potencial de lixiviación. Para esto, se realizaron experimentos de lixiviación en columna, diseñados para evaluar la liberación de metales en un período de tiempo relativamente corto. Estos experimentos simulan las condiciones naturales y reproducen la migración de metal(oid)es desde la fase sólida a la acuosa, controlando variables como el tamaño de partícula, pH, tiempo de contacto, concentración de metales y actividad biológica. Los resultados indican que los suelos de la cuenca del río Guanajuato presentan altas concentraciones de Cu, Ni, Zn y Pb, además tienen potencial de liberar $Zn > Cu > Pb > Ni$, en bajas concentraciones ($< 1 \text{ mg/L}$), excepto para el Pb que superó los niveles permitidos para el agua potable por la OMS y normativa mexicana (0.01 mg/L). A pesar de las altas concentraciones de metal(oid)es en los suelos, su lixiviación es limitada durante las pruebas, debido a la estabilidad de las fases minerales que los contienen. Comprender el comportamiento de los metal(oid)es en el suelo y agua, ayuda a prevenir su migración, además de permitir desarrollar estrategias de reducción y remediación del impacto ambiental.

CS-2

ESTIMACIÓN DE COS EN SUELOS ÁRIDOS MEDIANTE MAPEO DIGITAL DE SUELOS Y APRENDIZAJE AUTOMÁTICO: UN EJEMPLO DEL VALLE DE CUATRO CIÉNEGAS, COAHUILA, MÉXICO

Hernández Bravo Jhoana Paola¹, Varón Ramírez Viviana² y Guevara Mario³

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

³Instituto de Geociencias, UNAM

jp.herbr@ciencias.unam.mx

El Mapeo Digital del Suelo (MDS) es un medio útil evaluar las condiciones actuales del suelo y sus propiedades, así como las tendencias proyectadas. El carbono orgánico del suelo (COS) es una propiedad del suelo con gran importancia como indicador de la calidad y salud del suelo. Como reservorio en los suelos áridos, contribuye significativamente a las reservas de COS del mundo debido a su alto nivel de permanencia, a la producción mundial de alimentos y la mitigación del cambio climático. La información espacial del COS es esencial para mejorar el conocimiento sobre el ciclo global del carbono, la calidad del suelo y la gestión ambiental. El Valle de Cuatro Ciénegas (VCC) es un oasis en el desierto chihuahuense en el estado de Coahuila, México, y es un ecosistema único en términos biológicos, hidrológicos y geológicos. Sin embargo, la demanda de alimentos y actividades productivas, así como la extracción del agua implican un aumento en la transformación de tierras a sistemas de producción agrícola y tierras degradadas, lo que se traduce en problemas ambientales que afectan la calidad del suelo y la disponibilidad de agua. Existen diversos estudios en torno a la ecología de ambientes acuáticos en el VCC, sin embargo, no existen suficientes investigaciones sobre la estimación y el secuestro de COS. El objetivo de este estudio es desarrollar estrategias de modelación con el método de interpolación espacial Universal Kriging (UK) para identificar la distribución espacial del COS y la capacidad del suelo en un ambiente árido para almacenar COS vinculado al uso y propiedades del suelo. En este trabajo

se desarrollaron estimaciones de COS en el VCC a 30 cm de profundidad usando splines de conservación de masas y una correlación de los datos de suelo con información ambiental derivada de un modelo digital de elevación (MDE) e imágenes satelitales obtenidas mediante Google Earth Engine. Para el ajuste y desarrollo del modelo UK, se utilizaron 19 observaciones de campo y 34 covariables ambientales para la generación de un mapa digital de COS (ton/ha) a una resolución espacial de 50 metros por pixel. Las propiedades de suelo consideradas para la estimación de stock de COS fueron Carbono Orgánico (% CO), Densidad Aparente (g/cm^3 BLD) y Cantidad de Fragmentos Rocosos (% CFR). Se realizó una selección de las mejores variables mediante Eliminación Recursiva de Variables (RFE) con una repetición manual de 10 veces, y las seleccionadas fueron variables bioclimáticas asociadas a la precipitación. El stock de COS mostró un valor medio de 0.346 ton/ha . La confiabilidad del modelo indicó una relación con la naturaleza de las variables, el coeficiente de correlación entre los valores estimados y observados de COS fue una varianza explicada de $r^2 = 0.9217$ con un error medio (RMSE) de 0.1418 . Este trabajo busca aportar al conocimiento de COS, particularmente en suelos áridos del VCC, y a su vez, promover la investigación y obtención de información para la aplicación de métodos de MDS a otros estudios.

CS-3

COMBINACIÓN DE MÉTODOS GEOFÍSICOS E IMÁGENES SATELITALES EN LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN: CASO AGAVE TEQUILANA WEBER VAR. AZUL

Delgadillo Jauregui Nestor Fernando¹, De la Torre Gomora Miguel Ángel¹, Gutiérrez Peña Quiriat Jearim¹, Villalón Turrubiates Ivan E.² y Rivera Caicedo Juan Pablo³

¹Universidad de Guadalajara

²Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente, ITESO

³CONAHCYT-UAN, Secretaría de Investigación y Posgrado, Universidad Autónoma de Nayarit
nestor.delgadillo@academicos.udg.mx

Las observaciones de la Tierra implican el análisis de imágenes satelitales y aéreas, observaciones in situ, modelos matemáticos y otras fuentes. Entre la variedad de fuentes de datos, se han empleado métodos geofísicos para comprender las características del suelo subterráneo, particularmente en la agricultura de precisión, la tomografía de resistividad eléctrica, es uno de los métodos más populares debido a sus ventajas en términos de no invasivos, adquisición de datos, facilidad de procesamiento y mediciones multiescala. Por otro lado, las imágenes satelitales son una herramienta muy popular para estudiar el uso del suelo en los territorios agrícolas, con la ventaja de su amplio campo de visión, resolución temporal relativamente grande y facilidad para obtener datos de observación de superficie. En este trabajo se presenta una estructura conceptual con la descripción general de los bloques de construcción relevantes de un sistema de aprendizaje automático que combina datos de observación terrestres. Igualmente, se describe una propuesta basada en una estrategia de mezcla de expertos para la combinación de datos de resistividad eléctrica e imágenes satelitales en la agricultura. Se presenta un ejemplo de aplicación en cultivos de Agave Tequilana Weber var. Azul, con resultados para los parámetros del tamaño y %brix.

CS-4

ESTUDIO DE LA INTERACCIÓN ENTRE EL PARACETAMOL Y LA MONTMORILLONITA DE SODIO: RELEVANCIA EN CIENCIAS DEL SUELO

Meléndez-López Adriana Leticia¹, Loza-Vega Alain Sebastián¹, Cruz-Castañeda Jorge Armando², Negrón-Mendoza Alicia² y Ramos-Bernal Sergio²

¹Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

adriana.melendez@encit.unam.mx

El suelo ha sufrido cambios naturales o bien, provocados por la actividad humana, que pueden generar problemas como la contaminación y la degradación del suelo, siendo estos temas de interés global. Por ello, para contribuir a dar solución a estas problemáticas es necesario proponer procesos físicos, químicos y biológicos que permitan eliminar o reducir los contaminantes hasta un nivel seguro para la salud y el ambiente, o bien, prevenir su dispersión en el ambiente. La movilidad de un contaminante en el suelo es altamente dependiente de su capacidad para interactuar con los componentes presentes (agua, aire, materia inorgánica y materia orgánica) bajo las diferentes propiedades fisicoquímicas. Las interacciones débiles de los contaminantes con los componentes del suelo favorecen

su movilidad, mientras las interacciones fuertes conducen a una considerable adsorción, por tanto, a una menor movilidad. El objetivo de este trabajo es estudiar la interacción que existe entre un contaminante emergente (paracetamol) con uno de los componentes inorgánicos presentes en el suelo (montmorillonita sódica) bajo diferentes condiciones fisicoquímicas presente en el suelo para comprender la movilidad del contaminante permitiendo proponer mecanismos que puedan modificar esas interacciones a favor de los procesos de remediación. Las técnicas de análisis químico utilizadas son espectrofotometría UV-vis, espectroscopia IR y cromatografía de líquidos acoplada a un detector de masas (HPLC-MS). Los resultados muestran que la interacción entre la arcilla y el fármaco es dependiente del pH y el tiempo de interacción de ambas fases. Los valores óptimos de adsorción son con un 58% a pH 5 y 120 min de interacción. Se propone que la especie con carga neutra del paracetamol se adsorbe en mayor proporción sobre las orillas de la arcilla cargadas negativamente. La información obtenida sobre el sitio de adsorción facilita la investigación de metodologías que favorecen la eficiencia en la remoción del paracetamol en suelos. Agradecemos a los proyectos PAPIIT IN114122, IA201924 y IA101324 por el financiamiento de este trabajo. Al apoyo de C. Camargo-Raya, J. de la Rosa-Canales, P. Molina-Sevilla, B. Leal-Acevedo, J. Gutiérrez-Romero, M. en C. María José Rodríguez Albarrán, E. Palacios-Boneta, M. Cruz-Villafañe y J. Rangel-Gutiérrez.

CS-5

USO DE MODELOS DE PREDICCIÓN ESPACIAL PARA LA MEJORA DEL USO EFICIENTE DEL AGUA EN UNA PARCELA AGRÍCOLA DEL SURESTE DEL ESTADO DE COAHUILA

Juárez René y Flores Rentería Dulce Yaahid
Centro de Investigación y Estudios Avanzados, IPN
rene.juarez@cinvestav.mx

Las prácticas agrícolas convencionales han satisfecho las necesidades básicas de la población humana, sin embargo, el constante incremento de la población humana, el cambio climático derivado de las emisiones de gases de efecto invernadero, están ejerciendo una presión cada vez mayor sobre dos de los recursos no renovables más limitantes para la agricultura, el suelo y el agua. Es por ello que en los últimos años se ha llegado al consenso de que se necesita un cambio de paradigma hacia nuevos métodos de producción que garantice una agricultura sostenible. La demanda de agua de riego por parte de los usuarios agrícolas desencadena la competencia por los recursos hídricos y aumenta la preocupación ambiental. El riego se convierte en un problema mayor cuando las regiones se encuentran bajo condiciones climáticas adversas donde las fuentes de agua son limitadas como lo son las regiones áridas y semiáridas, por lo tanto, la escasez de agua se considera una limitante importante para promover la agricultura de manera sostenible. Existen muchas necesidades en el campo que pueden ser cubiertas con la agricultura de precisión. La agricultura de precisión aporta a los agricultores una forma de gestionar de manera eficiente y sostenible sus cultivos y hacer frente a algunas de las problemáticas actuales como: la escasez del agua, el cambio climático y la seguridad alimentaria al mejorar la productividad. En este trabajo se aplican estrategias de agricultura de precisión para conocer el efecto del manejo en los sistemas productivos agropecuarios sobre el uso eficiente de los recursos hídricos y brindar pautas sobre las prácticas de riego que ahorren agua y proporcionen un uso eficiente de los recursos hídricos en la producción agrícola de la región. En una parcela experimental ubicada en el municipio de General Cepeda, donde los cultivos principales son forrajeros y con el manejo habitual de los propietarios se pretende emplear modelos predictivos basados en geoestadística y machine learning para probar su utilidad en la predicción espacial de diversas variables ambientales que puedan ser de utilidad para la mejora en el uso del agua de la región sureste de Coahuila. Para ello se realizó previamente un muestreo sistemático de la parcela recolectando muestras de suelo que se procesaron en laboratorio para determinar diversas características fisicoquímicas del suelo. Posteriormente se obtiene información adicional de covariables ambientales de diferentes bases de datos para probar el modelado de características fisicoquímicas del suelo en la parcela. Dando como resultado el primer mapa de humedad del suelo. Para la validación de los mapas generados se examinó la diferencia entre los valores observados y predichos utilizando el error medio (ME), el error cuadrático medio (RMSE) y el coeficiente de correlación (r), todo esto para comprobar la bondad de ajuste de los resultados. Este primer acercamiento relaciona la presencia de vegetación con la humedad del suelo, si bien la bondad de ajuste es alta con valores mayores a la literatura es un primer acercamiento en el uso de modelos de predicción espacial en la región.

CS-6 CARTEL

INNOVACIÓN EN LA TÉCNICA DE CLASIFICACIÓN DEL COLOR DEL SUELO: UN SISTEMA AUTOMATIZADO Y ECONÓMICO PARA USO EN CAMPO

Villarnobo González Katia Michelle¹, Ramírez Bermúdez Luis Alberto¹, Angeles Uribe Fernando², Cruz López Donaji Xóchitl¹, López López Ricardo¹ y Vázquez Velázquez Valente¹

¹Facultad de Ciencias, UNAM
²Instituto de Astronomía, UNAM
km.villarnobo@ciencias.unam.mx

El color del suelo proporciona información clave sobre sus propiedades físicas y químicas, así como sobre la historia de su formación. Tradicionalmente, la determinación del color se realiza mediante el Sistema de Notación Munsell, el cual es cualitativo y poco preciso, o el Sistema Espectrofotométrico CIELab, que es costoso y complejo. En este trabajo se presenta un sistema automatizado de clasificación del color del suelo, que ha sido diseñado para ser económico, compacto y fácil de usar en campo. Consiste en una cápsula sensora acoplable a una gran variedad de latas de aluminio. Esta equipada con un microcontrolador RP2040-zero de la familia Raspberry, un sensor de color ISL29125 y un sistema de iluminación. La funcionalidad del dispositivo consiste en realizar una clasificación colorimétrica rápida del suelo, mostrando los resultados en un display de 7 segmentos de doble dígito. El resultado mostrado corresponde a un valor asociado a una tabla previamente definida con base en la clasificación Munsell, la precisión y exactitud logradas mejoran la resolución obtenida con la metodología tradicional ya que se minimizan los errores asociados a una medida subjetiva debidos a variaciones en la iluminación y/o percepción del experimentador. La propuesta tiene como objetivo poner a la disposición de una amplia gama de usuarios el análisis de suelo, incluyendo agricultores, educadores y aficionados a la ciencia, contribuyendo así a una mejor comprensión y manejo del suelo en diversas aplicaciones prácticas. Agradecemos al Laboratorio de Impacto de Procesos Naturales y Antrópicos sobre el Territorio (LIPNAT) del Instituto de Geografía, UNAM por facilitarnos las muestras de suelo para la calibración del equipo.

CS-7 CARTEL

REMOCIÓN DE ENROFLOXACINA MEDIANTE PROCESOS DE SUPERFICIE Y DE RADIACIÓN IONIZANTE

Tapia-Hernández Linda Patricia¹, Meléndez-López Adriana Leticia¹, Cruz-Castañeda Jorge Armando², Negrón-Mendoza Alicia² y Ramos-Bernal Sergio²

¹Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM
²Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM
patriciatapia463@gmail.com

Los contaminantes emergentes (CE) son sustancias químicas de diferente origen y naturaleza que se encuentran en concentraciones de $\mu\text{g/L}$ ó ng/L . Los CE se encuentran en cuerpos de agua, aguas residuales y suelos utilizados para la agricultura y ganadería, entre otros 1. Dentro de los CE podemos encontrar los fármacos para uso humano y veterinario 2. La enrofloxacin es un antibiótico (familia de las fluoroquinolonas) de amplio uso veterinario, pecuario y avícola utilizado como tratamiento de enfermedades en ganado de engorda y reproductor 3. Uno de los principales problemas asociados a los fármacos, es que son bioacumulables y muy estables bajo diferentes condiciones fisicoquímicas, lo que potencializa su permanencia en diferentes sistemas, afectándolos de manera irreparable. El objetivo de este trabajo es evaluar experimentalmente la remoción y posible degradación de la enrofloxacin en medio acuoso a través de (1) procesos de superficie (adsorción-desorción) con una arcilla enriquecida con Fe^{2+} (Fe^{2+} -montmorillonita) y (2) procesos radiolíticos utilizando una fuente de irradiación (Gammabeam 651 PT, ICN). Para determinar la eficiencia de remoción en cada uno de los procesos físicos y químicos propuestos se utilizó técnicas espectroscópicas (espectrofotometría UV-vis y espectroscopia IR). Los resultados preliminares muestran mayor eficiencia en la remoción del fármaco a través de los procesos de superficie. Esto debido a que el fármaco se adsorbe a la arcilla desde que se ponen en contacto ambas fases, obtenido el 100% de remoción de la fase acuosa. Se propone principalmente una interacción débil como mecanismo de unión entre el orgánico e inorgánico, debido a que la enrofloxacin se desorbe de la superficie sólida con un cambio de pH (KOH 0.1 mol/L). Por otro lado, los procesos radiolíticos para la remoción del fármaco del medio se favorece a pH ácido y se requieren dosis mayores a 50 kGy para lograr el 82% de remoción. Agradecemos a los proyectos PAPIIT IN114122, IA201924 y IA101324 por el financiamiento de este trabajo. Al apoyo de C. Camargo-Raya, J. de la Rosa-Canales, P. Molina-Sevilla, B. Leal-Acevedo, J. Gutiérrez-Romero, M. en C. María José Rodríguez Albarrán, E. Palacios-Boneta, M. Cruz-Villafañe y J. Rangel-Gutiérrez. Referencias 1. Petrovic, M., Gonzalez, S., & Barceló, D. (2003). Analysis and removal of emerging contaminants in wastewater and drinking water. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 22(10). [https://doi.org/10.1016/S0165-9936\(03\)01105-1](https://doi.org/10.1016/S0165-9936(03)01105-1) 2. Melendez-Marmolejo, J., García-Saavedra, Y., Galván-Romero, V., Díaz de León-Martínez, L., Vargas-Berrones, K., Mejía-Saavedra, J., & Ramírez-Flores, R. (2020). Emerging contaminants. Environmental problems associated with antibiotic use. New detection and remediation techniques and legislative perspectives in Latin America. *Rev. Salud Ambient.*, 20(1). 3. Trouchon, T., & Lefebvre, S. (2016). A Review of Enrofloxacin for Veterinary Use. *Open Journal of Veterinary Medicine*, 06(02). <https://doi.org/10.4236/ojvm.2016.62006>

CS-8 CARTEL

ESTIMACIÓN DE LA TASA DE INFILTRACIÓN DEL SUELO EN UNA CUENCA SEMIÁRIDA DEL DESIERTO DE CHIHUAHUA UTILIZANDO EL MÉTODO DE BEERKAN

Pérez Ruiz Eli Rafael¹, Alvarado Soto Sergio¹, Martínez Hernández Dafne¹, Vivoni Enrique² y Domínguez Acosta Miguel¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

²Arizona State University, ASU

eli.perez@uacj.mx

La hidrología de los ecosistemas áridos y semiáridos en la región del Monzón de Norteamérica se caracteriza por una marcada variabilidad tanto en el espacio como en el tiempo, lo que afecta significativamente las fuentes de agua y la disponibilidad de recursos hídricos. Un aspecto clave en este contexto es la tasa de infiltración del suelo, que determina la rapidez con la que el agua se introduce en el suelo y, por ende, su disponibilidad para la vegetación y para la recarga de acuíferos. La tasa de infiltración está influenciada por una combinación de factores físicos, como la textura y estructura del suelo, y factores biológicos, como la presencia de raíces y materia orgánica, los cuales juegan un papel crucial en la gestión del agua disponible en estos ecosistemas. Este estudio se centró en la medición y análisis de la conductividad hidráulica saturada (Ksat) en una pequeña cuenca de primer orden localizada en la parte más septentrional del Desierto Chihuahuense. Para llevar a cabo estas mediciones, se utilizó el método simplificado de Beerkan, una técnica que permite estimar de manera eficaz la Ksat en campo. Las mediciones se realizaron en siete ocasiones diferentes durante el periodo diciembre de 2022 a noviembre de 2023, considerando tanto sitios con vegetación como sin vegetación, y abarcando tanto las laderas norte como sur de la cuenca. Los resultados obtenidos revelaron que los sitios con vegetación presentaron, en promedio, valores de Ksat más elevados en comparación con los sitios sin vegetación. Esto subraya la importancia de la vegetación en la facilitación de la infiltración de agua, posiblemente debido a la mayor porosidad del suelo asociada con la presencia de raíces y la actividad biológica. Sin embargo, al analizar los promedios generales entre las diferentes laderas y entre los distintos momentos de muestreo, no se observaron diferencias significativas considerables. Este hallazgo sugiere que, si bien la vegetación tiene un impacto positivo en la conductividad hidráulica saturada, otros factores como la orientación de las laderas y las condiciones estacionales no mostraron un efecto considerable en los promedios generales de Ksat. Este estudio demuestra que el uso del método simplificado de Beerkan es adecuado para la estimación de Ksat en campo y que es una herramienta confiable para la caracterización espacio-temporal de este parámetro.

CS-9 CARTEL

ZONIFICACIÓN DEL POTENCIAL EROSIVO DEL SUELO POR LA ECUACIÓN DE RUSLE Y SIG EN EL MUNICIPIO DE JUÁREZ, CHIHUAHUA

Alvarado Soto Sergio, Acosta López Cecilia Paulina, Pérez Ruiz Eli Rafael, Domínguez Acosta Miguel y Gómez Ávila Marianggy Del Carmen

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

sergio.alvarado@uacj.mx

La erosión del suelo es un problema ambiental significativo que se ha intensificado en las últimas décadas debido al deterioro de los ecosistemas, el aumento de actividades humanas abrasivas y el mal manejo de los recursos naturales. Entender cómo se erosiona el suelo es esencial para diseñar medidas de mitigación y asegurar un desarrollo sostenible. Para evaluar la erosión del suelo, se utiliza la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada (RUSLE, por sus siglas en inglés). Esta ecuación permite calcular la pérdida de suelo en unidades de $Mg\ ha^{-1}\ año^{-1}$, con valores que van de 0 a más de 200, donde los valores superiores a 200 indican zonas de alto riesgo de erosión. En el estudio realizado en el municipio de Juárez, Chihuahua, se emplearon datos y bases de datos de fuentes como CONABIO e INEGI, así como internacionales como Earth Data, USGS y Copernicus. Estos datos se procesaron en ArcMap para obtener los factores necesarios para aplicar la ecuación RUSLE, que se expresa como $R * K * LS * C * P$. R representa el factor de erosividad de la lluvia. K es el factor de erodabilidad del suelo. LS combina la longitud y la pendiente del terreno. C es el factor de cobertura y manejo del suelo. P representa las prácticas de conservación. El resultado del análisis fue un mapa de zonificación que muestra valores de erosión del suelo que van desde un mínimo de 0 hasta un máximo de 1351. Estos valores indican la presencia de áreas con alta vulnerabilidad a la erosión en el municipio de Ciudad Juárez. Las zonas con valores elevados requieren atención prioritaria para implementar medidas de conservación y manejo sostenible del suelo. Este tipo de estudios es crucial para la planificación ambiental y la gestión de recursos naturales, ya que proporciona información detallada sobre las áreas más afectadas por la erosión. Con esta información, las autoridades y los gestores de recursos pueden diseñar estrategias efectivas para reducir la erosión del suelo, proteger los ecosistemas y promover un desarrollo sostenible en la región. La zonificación del potencial erosivo del suelo en el municipio de Juárez, Chihuahua, utilizando la ecuación RUSLE y herramientas de SIG, ha revelado áreas de alta vulnerabilidad que requieren medidas de conservación urgentes.

CS-10 CARTEL

PERCEPCIÓN REMOTA COMO MÉTODO DE IDENTIFICACIÓN PARA EL DRENAJE ÁCIDO DE MINA EN SUELOS Y CUERPOS DE AGUA SUPERFICIALES (REVIEW)

Almazan Valencia Joseph Tadeo¹, Archundia Peralta Denisse¹ y Ramírez Serrato Nelly Lucero²

¹Instituto de Geología, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

tadeo_5532@comunidad.unam.mx

La percepción remota se ha consolidado como una herramienta crucial en las ciencias de la tierra, especialmente en la geología ambiental, donde se ha perfeccionado a lo largo de los años para contribuir a la protección del ambiente. A través de estudios y metodologías específicas, se han desarrollado diversas aplicaciones de la percepción remota para la identificación y clasificación de óxidos y el monitoreo del drenaje ácido de minas (DAM). Un primer estudio se enfocó en la utilización de imágenes satelitales de alta resolución para investigar el drenaje ácido en minas de carbón artesanales en el noreste de la India. Este estudio destacó la capacidad de la percepción remota para detectar problemas ambientales tempranos, subrayando la importancia de esta herramienta para monitorear y prevenir el DAM en áreas mineras (Blahwar et al., 2012). Otro estudio en los Estados Unidos abordó los impactos ambientales del drenaje ácido de minas de carbón, discutiendo los desafíos asociados y presentando soluciones potenciales para mitigar estos impactos. La percepción remota se destacó nuevamente como una herramienta esencial para la protección de los recursos hídricos y el medio ambiente (Acharya & Kharel, 2020b). La investigación también ha extendido su alcance a la Cuenca del Carbón de Kizil, donde se utilizó el satélite Sentinel-2 para monitorear los efectos del drenaje ácido en el agua superficial. Los resultados de este estudio resaltaron la utilidad de la teledetección para gestionar el impacto ambiental de la minería de carbón en la región, permitiendo la identificación de áreas afectadas y la evaluación de cambios en la calidad del agua (Khayrullina et al., 2021). El sensor Sentinel-2 también fue empleado para mapear el drenaje ácido de minas y suelos ácidos de sulfato. Este mapeo, crucial para la gestión ambiental y la prevención de la contaminación, proporcionó información detallada sobre la distribución espacial del DAM y los suelos ácidos, demostrando la eficacia de la teledetección en este ámbito (Kopacková, 2019). Otro estudio intentó identificar el potencial de drenaje ácido utilizando imágenes de Sentinel-2a y datos de campo, comparando los resultados para validar la precisión de los modelos. Este trabajo subrayó la importancia de la percepción remota como herramienta para predecir áreas con riesgo de DAM y para la gestión ambiental en entornos mineros (Seifi et al., 2019b). Finalmente, en 2022, se comparó el uso de imágenes multiespectrales de UAS y Sentinel-2 para monitorear la calidad del agua en áreas afectadas por DAM en el suroeste de España. Los resultados de este estudio destacaron la eficacia de ambas plataformas para detectar cambios en la calidad del agua, discutiendo las ventajas y limitaciones de cada enfoque y reafirmando la importancia de la teledetección en la gestión de la calidad del agua en regiones impactadas por el drenaje ácido de minas (Isgró et al., 2022). Estos estudios demuestran la versatilidad y la relevancia de la percepción remota en la geología ambiental, especialmente en la gestión y mitigación de los efectos adversos del drenaje ácido de minas en diversos entornos alrededor del mundo.

Sesión regular

CLIMATOLOGÍA, CAMBIOS CLIMÁTICOS Y ATMÓSFERA

Organizadores

Erika Danaé López Espinoza
Luis Felipe Pineda Martínez
Guillermo Montero Martínez

CCA-1

ESTIMACIÓN DE LA VIABILIDAD DE LA AGENDA DE ACELERACIÓN DE LA ACCIÓN CLIMÁTICA PROPUESTA POR LA ONU EN 2023

Gay y García Carlos y Sánchez-Meneses Oscar Casimiro
Universidad Nacional Autónoma de México
cgay@unam.mx

En 2023, con vistas a la COP 28, la ONU realizó un "Balance Mundial" de las acciones que se han tomado con el fin de alcanzar el cumplimiento de los objetivos del Acuerdo de París (COP 21), particularmente el objetivo del incremento en el calentamiento medio global por debajo de 1.5 °C. El balance generó información importante para que países miembros de la ONU, y otras entidades, tuvieran una idea acerca de los avances y también, fueron identificados los rezagos y las opciones disponibles para proponer una aceleración de las acciones necesarias para mantener dichos objetivos vigentes. La conclusión más importante de dicho balance es que, "los esfuerzos globales están lejos de limitar el incremento en la temperatura global a 1.5 °C y así proteger a las personas de los impactos cada vez mayores de la crisis climática". En este contexto, la ONU propuso una Agenda de Aceleración de la Acción Climática de aplicación inmediata para evitar que se traspasen los umbrales peligrosos y alcanzar justicia climática para aquellos grupos o comunidades que se encuentran en las fronteras de una crisis climática. En este trabajo, usando trayectorias geométricamente simples de emisiones construidas a partir de líneas poligonales y el modelo MAGICC7 se presenta una estimación de la viabilidad de las acciones propuestas en la agenda mencionada, como son: 1) alcanzar emisiones netas cero entre 2040 y 2050, 2) actualizar las Contribuciones Nacionalmente Determinadas, 3) presentar planes de transición energética con acciones tangibles para 2035 y 2040, acelerar la "descarbonización" de los sectores altamente emisores de GEI. También, tomando como base la información disponible, se muestra una estimación de los costos en términos de las pendientes o tendencias de las curvas de mitigación de emisiones. Se comparan los resultados obtenidos con las estimaciones realizadas para objetivos de calentamiento menos exigentes como 2.5 y 3 °C. Las trayectorias simples de emisiones permiten el análisis sistemático de las incertidumbres en las variables involucradas que facilita la discusión de los resultados y la toma de decisiones.

CCA-2

SINERGIAS ENTRE EL CALENTAMIENTO OBSERVADO Y LOS EPISODIOS DE ENSO EN EVENTOS EXTREMOS

Estrada Porrua Francisco¹, Perron Pierre² y Yamamoto Yohei³
¹Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
²Boston University
³Hitotsubashi University
feporrua@atmosfera.unam.mx

El fenómeno El Niño/Oscilación del Sur (ENSO) es la principal fuente de variabilidad interanual del sistema climático global, con efectos significativos en diversas condiciones meteorológicas, incluidas las extremas. Eventos pasados han demostrado las graves consecuencias sociales que este fenómeno puede ocasionar, afectando desastres meteorológicos, seguridad alimentaria, salud, crecimiento económico, migración y conflictos. Sin embargo, las interacciones entre el ENSO y el calentamiento global aún no se comprenden completamente, a pesar de su potencial para alterar las características de los eventos extremos. Las condiciones de este año podrían favorecer eventos extremos severos a nivel global, con anomalías de temperatura cercanas o superiores a 1.5°C y una transición de un fuerte El Niño a una rápida aparición de condiciones de La Niña. En este estudio mostramos que el calentamiento actual ha amplificado los efectos del ENSO sobre los extremos de temperatura y precipitación a nivel mundial. Los resultados indican que el calentamiento ha amplificado considerablemente los efectos de los episodios de ENSO sobre estos extremos, además de modificar ampliamente los patrones espaciales. Este hallazgo sugiere que los efectos no lineales crecientes entre ENSO y el calentamiento podrían ser una señal temprana de que el sistema climático se

aproxima a un punto de inflexión. Mostramos que una proporción considerable de la población, el PIB, la agricultura y los ecosistemas ahora enfrentan un mayor riesgo debido a la interacción entre el aumento de la forzante antropogénica y el ENSO.

CCA-3

INTEGRACIÓN DE PROYECCIONES CLIMÁTICAS GLOBALES Y LOCALES: EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN CIUDADES ÁRIDAS COMPARANDO PRODUCTOS DE CMIP5 CONTRA CMIP6 Y MODELOS REGIONALES

Nieves Monarrez Gustavo Alejandro, Robles Morúa Agustín y Sosa Tinoco Ian Mateo
Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON
gustavo.nieves241209@potros.itson.edu.mx

La comprensión de los modelos climáticos proyectados en ciudades áridas como Hermosillo, Sonora han tenido gran importancia en los últimos años debido al incremento inaudito de temperaturas en la región, así como también las implicaciones para la calidad del aire y salud pública. El planteamiento de estrategias que busquen brindar soluciones en el corto, mediano y largo plazo requiere de un esfuerzo interdisciplinario que permita comprender la interacción de todas estas variables. Como objetivo de este trabajo se realizó un análisis de reducción de escala de un modelo global considerando los productos provenientes del CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5) y del CMIP6 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 6). Este enfoque permite una comparación más exhaustiva de los resultados obtenidos con el modelo Weather Research and Forecasting (WRF) y el Modelo de Sistema Climático Comunitario. Donde el CMIP5 ha proporcionado una base sólida para proyecciones sobre temperatura, precipitaciones y otros factores climáticos, sin embargo, ha probado que presenta algunas subestimaciones en la intensidad y durabilidad de humedad relativa y precipitaciones en zonas áridas. Mientras que CMIP6 ofrece un marco más amplio de escenarios climáticos, ajustando las proyecciones a una gama más diversa de posibles futuros climáticos y socioeconómicos, los cuales ayudan a calibrar y mejorar predicciones utilizando WRF para variables de irradiación solar, temperaturas y humedad relativa. Se busca que al analizar los resultados de los modelos CMIP5 vs CMIP6, el uso de CMIP6 para análisis regional en zona desértica indique mejores patrones proyectados en cuanto al aumento de temperatura promedio, menor humedad relativa y mayor irradiación solar en la ciudad de Hermosillo, Sonora con un incremento significativo para los valores de precisión en las predicciones climatológicas en la región.

CCA-4

EVENTOS COMPUESTOS DE SEQUÍAS Y ONDAS DE CALOR EN MÉXICO: ESCENARIOS ACTUALES Y PROYECCIONES HACIA EL 2050 CON MODELOS DEL PROYECTO HIGHRESMIP

García Martínez Ivonne¹ y Bollasina Massimiliano²
¹Departamento de Oceanografía Física, CICESE
²School of GeoSciences, The University of Edinburgh
igarcia@cicese.mx

La superposición de eventos climáticos extremos puede causar impactos más severos para la población y los ecosistemas que eventos individuales. Estudios recientes han reportado que las tendencias globales de ocurrencia de eventos compuestos van en aumento. En este trabajo se presentan escenarios recientes (1981-2010) y proyecciones futuras (2021-2050) para México de dos de los eventos compuestos con mayor tasa de mortalidad; las ondas de calor atmosféricas y las sequías extremas. El análisis se basa en simulaciones globales de alta resolución (30-50 km) del proyecto HighResMIP (High Resolution Model Intercomparison Project) bajo un escenario de altas emisiones de gases de efecto invernadero (SSP5-8.5). La caracterización estadística de la frecuencia, duración e intensidad de estos eventos compuestos es fundamental para identificar tendencias regionales

recientes y futuras, mecanismos físicos asociados y la potencial amplificación de impactos causada en los sectores socio-económicos y medioambientales.

CCA-5

MODULACIÓN DEL CLIMA POR FACTORES NATURALES Y ANTRÓPICOS EN LA ZONA METROPOLITANA DE XALAPA, VERACRUZ

Vargas Huipue Nuria Delia y Rodríguez Van Gort Mary Frances

Universidad Nacional Autónoma de México
nunube@gmail.com

El estudio del clima urbano es hoy en día un importante campo de investigación para prevenir los posibles impactos negativos que pueden dañar a la población y la economía de importantes centros urbanos. Durante las últimas décadas, la población urbana ha ido incrementándose tanto a nivel global, como nacional. En México, aproximadamente el 80% de la población radica en ciudades de más de 2500 habitantes (INEGI, 2020). Y en general, el crecimiento de las ciudades ha sido de forma horizontal, extendiéndose de manera dispersa entre el paisaje, integrando zonas rurales en el entramado urbano. Por lo general, el aumento de la población y la expansión urbana traen consigo cambios en el uso del suelo y deforestación. La zona en la que se asienta la ciudad de Xalapa, solía ser un bosque mesófilo de montaña, con suelos agroforestales (cultivo de café) y ganaderos. Una vez que se modificaron las leyes para poder vender la tierra ejidal (década de 1990), el suelo urbano alcanzó mejores precios que el uso forestal o agrícola, por lo que parte de la superficie boscosa, fue sustituida por zonas para habitación y/o comerciales. De acuerdo con los datos de estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), que datan de la década de 1950, las más antiguas, fue posible identificar los cambios en el comportamiento de las temperaturas extremas de la zona de estudio desde entonces y hasta 2018. Así, se observó que las temperaturas máximas promedio anuales rondaban los 21-22°C en los años 50, mientras que, en la actualidad, las temperaturas máximas promedio anuales rondan los 25-26°C. A través de datos de satélite y de reanálisis, fue posible corroborar las variaciones de temperaturas en la zona de estudio. Así, se observaron cambios decadales significativos, por lo que las atribuciones solo por la urbanización, no resultaron suficientes. Un factor natural de variabilidad del clima que afecta a la región tropical es la Oscilación Multidecadal del Atlántico (AMO, por sus siglas en inglés), cuyas variaciones son de baja frecuencia. Al graficar el índice AMO con las temperaturas máximas de la zona urbana de Xalapa, se encontró una relación inversa, es decir, cuando el índice AMO es positivo (negativo), las temperaturas máximas tienden a descender (aumentar), posiblemente por las condiciones de humedad con cielos nublados que reducen la radiación directa. Esta relación, sin embargo, se vuelve menos marcada después de 1990, cuando comienza la fase positiva de AMO y la urbanización es más densa, con temperaturas máximas arriba del promedio de las décadas de 1950-1960. Sin embargo, una estación en particular, mostró una mayor influencia de variabilidad natural, por las condiciones en que se ubica. De esta manera se concluye que tanto factores naturales como antrópicos, inciden directamente sobre el comportamiento de las temperaturas extremas de la Zona Metropolitana de Xalapa, con algunas diferencias marcadas sobre todo por los usos del suelo que tienen lugar.

CCA-6

MÉTODOS COMPLEMENTARIOS PARA ESTIMAR METANO ATMOSFÉRICO EN ZONAS URBANAS Y SUBURBANAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Tellez Maricela¹ y Martínez Arroyo María Amparo²

¹UNAM, URG, ICAYCC

²UNAM, ICAYCC

maricela.tellez.flores@gmail.com

Las estimaciones de emisiones globales de gases de efecto invernadero presentan un alto grado de incertidumbre, principalmente por la calidad y disponibilidad de los datos. Muchos países carecen de mediciones adecuadas, y los datos reportados a menudo no son confiables, lo que complica la evaluación y la formulación de estrategias de mitigación (Bowen Zhang et al., 2017; Modirzadeh et al., 2021). El metano (CH₄) es el segundo mayor contribuyente al calentamiento global, después del dióxido de carbono (CO₂). Este gas, que se considera un forzante de vida corta en la atmósfera, también es un precursor del ozono troposférico (Naciones Unidas, 1998). Los sectores que más emiten metano son la agricultura, la gestión de residuos y la producción de petróleo, siendo aproximadamente el 60% de estas emisiones atribuibles a actividades humanas (INECC, 2019a). El estudio de las emisiones del CH₄ en áreas urbanas es crucial, dado que se espera que el 70% de la población mundial habite en estas zonas para 2050 (Maimunah, 2022). Las fuentes de emisión de metano varían entre contextos urbanos, suburbanos y rurales, lo que exige enfoques específicos para cada uno. Para medir las emisiones y concentraciones de metano, se pueden utilizar métodos directos -como estaciones de monitoreo, análisis de campo y laboratorio- e indirectos -datos satelitales y modelos matemáticos-. Este estudio analizará las concentraciones de metano a través de dos series de datos obtenidas durante cinco años: una de estaciones de monitoreo en áreas urbanas y rurales, y otra mediante imágenes satelitales. La información sobre las fuentes de emisión de CH₄ en la zona metropolitana y las condiciones climáticas que influyen en su distribución permitirá un análisis integral de las concentraciones y emisiones de este gas, buscando mejorar su estimación.

CCA-7

TENDENCIAS DE LA TEMPERATURA DEL AIRE EN TACNA, PERÚ: ENTRE EL DESIERTO DE ATACAMA Y LA CORDILLERA DE LOS ANDES

Liñán Abanto Rafael¹, Ramos Pérez Omar², Carabali Sandoval Giovanni³, Salcedo Dara⁴, Liñán Abanto Rosa María⁴ y Zavaleta Caballero Carlos⁴

¹Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, UNJBG

²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

³Instituto de Geofísica, UNAM

⁴Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias, UNAM

mlinan@unjbg.edu.pe

En el presente estudio analizamos las tendencias de largo tiempo de la temperatura del aire registrados en la región Tacna, desde el año 1964 al 2013, con el objetivo confirmar el cambio climático a escala local. Las estaciones meteorológicas consideradas en el presente estudio, pertenecen al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y están distribuidas entre el desierto de Atacama (Calana, Sama Grande, Locumba) y la Cordillera de los Andes (Tarata). La prueba no-paramétrica de Mann-Kendall y de la pendiente de Sen fueron empleados para evaluar la significancia estadística de las temperaturas del aire ($p < 0.05$) y el intervalo de confianza de la variación de la temperatura por año; respectivamente. En todas las estaciones evaluadas, encontramos que las series de tiempo de las temperaturas máximas anuales presentan una tendencia creciente, con un nivel de significancia alto y con pendientes de: 0.015 °C/año (Calana); 0.017 °C/año (Sama Grande); 0.038 °C/año (Locumba) y 0.063 °C/año (Tarata). Estos resultados confirmarían el cambio climático a escala local con un nivel de significancia alto.

CCA-8

ANÁLISIS MULTIVARIADO DE RIESGO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN CLIMA, AGRICULTURA Y BIODIVERSIDAD USANDO SALIDAS DE LOS MODELOS DE EVALUACIÓN INTEGRADA AIRCC-CLIM, AIRCC-A, AIRCC-BIO

Calderón Bustamante Oscar¹, Estrada Porrua Francisco² y Velasco Vinasco Julián¹

¹Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

²Programa de Investigación en Cambio Climático, UNAM

calderon@atmosfera.unam.mx

El cambio climático representa un desafío multidimensional que afecta diversos sectores, incluyendo el clima, la agricultura y la biodiversidad. Este estudio presenta un análisis multivariado de los riesgos asociados al cambio climático mediante el uso de tres modelos de evaluación integrada: AIRCC-CLIM, AIRCC-A y AIRCC-BIO. Se utilizan proyecciones climáticas futuras bajo diversos escenarios de emisiones para evaluar los impactos sobre la agricultura y la biodiversidad en distintas regiones. Los resultados obtenidos proporcionan una visión holística de cómo las interacciones entre clima, sistemas agrícolas y ecosistemas pueden amplificar o mitigar los riesgos de cambio climático. El análisis muestra áreas donde somos más vulnerables. Estos resultados son importantes para crear políticas y estrategias que ayuden a enfrentar el cambio climático y proteger sectores clave en sistemas naturales y humanos.

CCA-9

EFFECTO DE LA DEFORESTACIÓN DEL AMAZONAS EN LA TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN EN EL SUR DE MÉXICO, CENTROAMÉRICA Y EL CARIBE MEDIANTE SIMULACIONES CLIMÁTICAS REGIONALES DURANTE EL PERIODO 1996-2016

Amaro Méndez Oscar Uriel¹ y Corrales Suastegui Arturo²

¹Universidad de Guadaluajara

²INIFAP

oscamaro6@gmail.com

En este estudio, se utilizó el Modelo Climático Regional (RegCM) para investigar los impactos de la deforestación total en la región amazónica sobre los patrones de temperatura y precipitación, así como los cambios en la frecuencia de días húmedos y cálidos, en el sur de México, Centroamérica y el Caribe. A través de una serie de simulaciones que abarcaron un período de 20 años, desde 1996 hasta 2016, impulsadas por conjuntos de datos de reanálisis, se empleó el modelo RegCM siguiendo las especificaciones descritas por el Experimento de reducción de escala regional coordinado (CORDEX) para la región de América Central. La simulación inicial sirvió como una corrida de control, incorporando la vegetación prescrita dentro del modelo. Las simulaciones posteriores implicaron el reemplazo de la cubierta forestal existente en la región amazónica con pastizales C3 y C4 y suelo desnudo, respectivamente. Al examinar los cambios en la temperatura, la precipitación, así como la frecuencia de los días húmedos y cálidos, se buscó comprender de manera integral los impactos de la deforestación en la dinámica climática regional. Los experimentos mostraron que, en algunas regiones alejadas del área deforestada, se observaron incrementos de temperatura y disminuciones en la precipitación, mientras que en otras áreas se evidenció el efecto opuesto. Este estudio brindó información valiosa sobre las implicaciones futuras de la

deforestación del Amazonas en los patrones de temperatura y precipitación, y los cambios asociados en la frecuencia de días cálidos y húmedos, en el sur de México, América Central y el Caribe utilizando el modelo RegCM.

CCA-10

EFFECTOS DE LA TEMPERATURA, LA PRECIPITACIÓN Y EL CO₂ EN EL POLEN DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Calderón Ezquerro María del Carmen Leticia,
Martínez López Benjamín y Guerrero Guerra César
Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
molce@atmosfera.unam.mx

El cambio climático tiene diversos impactos biológicos sobre las plantas, alterando significativamente sus procesos reproductivos. Estas alteraciones se reflejan en la fenología de la floración y las tasas de producción de polen, las cuales son altamente sensibles a las variaciones climáticas y frecuentemente se utilizan como bioindicadores en regiones templadas. El análisis de datos de polen es esencial para evaluar los efectos del cambio climático en las plantas a nivel regional. La temperatura emerge como un factor clave que influye en los cambios en la fenología de la floración, y los avances en las etapas reproductivas están cada vez más vinculados al calentamiento global. Asimismo, la disponibilidad de agua influye de manera significativa en la productividad de las plantas. El calentamiento global debido al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente el CO₂, es el motor principal del cambio del clima en vastas regiones de nuestro planeta. Notoriamente, el incremento de la temperatura del aire en superficie, los cambios en la disponibilidad de agua, así como las altas concentraciones de CO₂ en la atmósfera tienen efectos directos sobre la biología vegetal, afectando la fotosíntesis y modificando así el desarrollo y crecimiento de las plantas. Además, variaciones de temperatura y precipitación relacionadas con algunos patrones de variabilidad climática interanual, como la Oscilación Multidecadal del Atlántico Norte y El Niño-Oscilación del Sur, tienen el potencial de influir en la fenología de las plantas. Estos cambios tienen implicaciones en la salud pública, ya que pueden modificar la producción de polen y aumentar la prevalencia y gravedad de las enfermedades alérgicas relacionadas con el polen. En este estudio, investigamos la relación entre la temperatura y la precipitación con la variación de las concentraciones de polen en el aire de la CDMX para el periodo 2008-2024. Asimismo, determinamos la influencia de estas variables en la fenología de pólenes alérgicos de árboles y herbáceas que son potencialmente perjudiciales para la salud humana. Finalmente, analizamos la relación entre las concentraciones de polen en la CDMX y los niveles de CO₂ desde 2014.

CCA-11

PRIMAVERA 2024: OLAS DE CALOR SIN PRECEDENTE EN MÉXICO

Cavazos Tereza
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE
tcavazos@cicese.mx

Se presentan los impactos de las olas de calor sin precedentes que afectaron a México en la primavera 2024 (del 14 de abril al 2 de junio), así como los mecanismos sinópticos y de gran escala (atmosféricos y oceánicos) que favorecieron la formación de un anticiclón semipermanente sobre México y el Golfo de México. Desde el sur de Estados Unidos hasta el centro de América del Sur se rompieron récords de temperatura que de acuerdo con el Climate Shift Index (un índice de atribución climática) fueron de 3 a 5 veces más probables debido al cambio climático. La combinación de la sequía severa que afectaba a México con las olas de calor intensas generó graves impactos en la salud de la población y los ecosistemas y la disponibilidad de agua y energía. La única región que se escapó del calor intenso fue la costa Pacífica subtropical (Baja California y California); se explican los factores físicos de este contraste.

CCA-12

LA ONDA DE CALOR DE JUNIO 2023 EN MÉXICO

Magaña Víctor¹, Alves Braga Hugo¹ y Méndez Baldemar²
¹Universidad Nacional Autónoma de México
²Secretaría del Agua del Estado de México
victormr@unam.mx

La onda de calor de junio 2023 en México fue una de las más prolongadas e intensas de los últimos años. La duración de días con temperaturas máximas por encima del percentil 90% tuvieron un efecto negativo en la salud de la población por lo que se vuelve necesario establecer cuáles son los procesos que resultan en tal condición extrema. Contrario a lo que diversos planteamientos presentan, no se trató de un efecto de El Niño, de la Oscilación de Madden-Julian o de un impacto del cambio climático. En junio 2023, la radiación solar y de la radiación neta muestran valores anormalmente altos que llevaron a condiciones extremas en la temperatura de superficie del suelo y del aire. Dichos valores anormalmente altos en radiación solar de junio se debieron a la ausencia de nubes por causa de falta de humedad atmosférica. Una teleconexión (Onda de Rossby en la esfera) desde el Pacífico del oeste generó una circulación anticiclónica que más que inducir subsidencia y calentamiento, inhibió la entrada de humedad que normalmente se espera en junio

al inicio de la temporada de lluvias. Así, la condición casi estacionaria de la onda de Rossby resultó no sólo en mayor radiación solar sino incluso en una intensa anomalía de precipitación sobre gran parte de México. El caso de la onda de calor de junio 2023 muestra que los procesos dinámicos de gran escala deben ser analizados para entender condiciones climáticas regionales.

CCA-13

COMPORTAMIENTO DE TRES OLAS DE CALOR EN DOS DISTINTAS ZONAS CLIMÁTICAS LOCALES EN LA CIUDAD DE XALAPA, VERACRUZ

Baruch-Vera Aranza Elizabeth¹, Tejeda-Martínez Adalberto¹ y Luyando-López Elda²
¹Universidad Veracruzana
²Instituto de Ciencias Atmosféricas y Cambio Climático, UNAM
vera.aranza@gmail.com

Se compara el comportamiento de las olas de calor de los años 2023 y 2024 en un sitio urbano (Palacio, 1390 msnm) y uno suburbano (Seminario, 1422 msnm) de la ciudad de Xalapa, Veracruz (19.52722°N, 96.92416°W). Según la clasificación de Stewart y Oke (2008), a la estación urbana le corresponde la zona climática local 6A (edificación abierta de 1 a 3 pisos con arbolado denso) y a la estación suburbana, 5B (edificación densa de 3 a 9 pisos con árboles dispersos). Se utilizaron datos de temperatura registrados cada diez minutos. Para detectar las olas de calor, se usó el criterio del Equipo de Expertos en Detección e índices del Cambio Climático (ETCCDI), que define una ola de calor como la ocurrencia de temperaturas arriba del percentil 90 durante cinco días consecutivos. Después, para calificar la intensidad de la ola se utilizó la metodología propuesta por Cardó et al. (2006), diferenciando olas de calor diurnas, nocturnas y circadianas. Se obtuvo que en el sitio suburbano son menos frecuentes las olas de calor nocturnas y las diurnas son menos intensas que en el sitio urbano, el cual, sí presentó olas de calor nocturnas. Se discutirá una propuesta de estimación de las intensidades de las olas de calor mediante el índice de bioclima humano de la NOAA que considera el efecto combinado de la temperatura y la humedad atmosférica.

CCA-14

PATRONES SINÓPTICOS DE OLAS DE CALOR EN EL NORTE DE MÉXICO Y SUR DE ESTADOS UNIDOS

Zuriga Villarreal Constanza y Cavazos Pérez María Tereza
División de Oceanología, CICESE
czuriga@cicese.edu.mx

Las olas de calor (OC), definidas como periodos prolongados de temperaturas excepcionalmente altas, representan un riesgo significativo para la salud y el bienestar de las poblaciones afectadas. Este estudio examina los patrones sinópticos asociados a las OC en el norte de México y el sur de Estados Unidos durante el periodo 1981-2010. Utilizando datos del reanálisis ERA5, se comparó el promedio de compuestos de días de OC con respecto a la climatología del verano extendido, así como las anomalías de variables clave: temperatura a 2 metros, humedad relativa, radiación de onda larga saliente, velocidad del viento, altura geopotencial y advección de humedad. Las OC se definieron como tres o más días consecutivos en los que la temperatura diaria superó el percentil 95 con ventana de 31 días en al menos un 30% de la región de estudio. Se identificaron y analizaron tres tipos de OC: diurnas, nocturnas y húmedas, caracterizadas por la temperatura máxima, mínima y de bulbo húmedo, respectivamente. En general, se observaron aumentos de temperatura de 3 a 5°C en las OC que duraron en promedio 3-4 días. Los resultados revelan que los principales patrones sinópticos incluyen un anticiclón intenso a 500 hPa sobre el noroeste de México y el suroeste de Estados Unidos y uno a 850 hPa en el Golfo de México. Las diferencias más notables entre los tipos de OC radican en la distribución de la humedad y su advección.

CCA-15

EFFECTOS SINÉRGICOS ENTRE LA ISLA DE CALOR URBANA Y LAS OLAS DE CALOR EN PERIODO SECO CÁLIDO EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO

Aquino Martínez Lourdes Paola¹, Ortega Guerrero Beatriz¹, Quintanar Arturo², López Erika², Ochoa Carlos² y Miquelajaregui Yosune³
¹Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM
²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
³Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad
lulusita.am@gmail.com

Los eventos de calor extremo cuando ocurren en ciudades representan una grave amenaza para la salud humana, los ecosistemas y el sistema energético. Dado que este tipo de eventos serán más frecuentes e intensos y que la población urbana continuará incrementando es relevante investigar los efectos sinérgicos entre el fenómeno asociado a la expansión urbana y los eventos de olas de calor (HW) en la Zona Metropolitana del Valle de México, región en la que se ubica una de las ciudades más pobladas del mundo. A medida que las ciudades se expanden, se pierden grandes áreas de superficie naturales que evapotranspiran creando un incremento de temperatura local al interior de la ciudad, fenómeno conocido como

isla de calor urbana (UHI). Las olas de calor (HW), son fenómenos que persisten por varios días y dejan condiciones de calor extremo. Ambos fenómenos tienden a ser más intensos en período seco para la zona metropolitana del valle de México. La intensidad de la UHI es de aproximadamente 2.5°C e incrementa en un 15% durante eventos de HW, indicando una interacción sinérgica entre ambos fenómenos. En esta investigación, mediante el uso de observaciones de superficie y simulaciones para el evento de HW de mayo de 1998, analizamos las condiciones sinópticas que permiten la máxima intensificación de la HW. Además se analizan las interacciones sinérgicas de la UHI con HW que impactan en el calor almacenado en el valle, la partición de los flujos superficiales, la ventilación en el valle y el confort térmico considerando tres escenarios de crecimiento urbano: pasado, presente y futuro 2060. La máxima intensificación de la HW se asocia a un sistema anticiclónico registrado a los 500 hpa que persistió sobre la parte central del territorio mexicano y al desplazamiento de una onda de Rossby en latitudes medias que permite la advección cálida desde el sureste del país. El efecto sinérgico de los fenómenos al considerar el crecimiento urbano al 2060, inyecta 50% más de calor a la atmósfera en la capa límite meteorológica durante la tarde. Asociado a la tasa de calentamiento la altura de la capa límite aumenta, la humedad en superficie y las condiciones de confort térmico se reducen.

CCA-16

MÉTODOS EMPLEADOS EN LA MEDICIÓN, MODELACIÓN Y MONITOREO DE LA ISLA DE CALOR URBANA EN MÉXICO

Luyando-López Elda¹, Tejeda-Martínez Adalberto²,
Méndez-Pérez Irving Rafael³ y Balderas-Romero Gabriel⁴

¹Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

²Grupo de Climatología Aplicada, Universidad Veracruzana

³Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana

⁴Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP

ellu@atmosfera.unam.mx

A partir de una compilación de las publicaciones sobre climatología urbana en México aparecidas en las siete décadas recientes, se hace una revisión de los métodos utilizados para medir, modelar y monitorear la isla de calor urbana. Los trabajos se clasifican en dos grandes grupos: lo relativos a las islas de calor atmosféricas (dentro del dosel urbano o en la capa límite) y los relacionados con la isla de calor superficial. A su vez, ambos grupos se dividen de acuerdo a los métodos empleados para su estudio: series de tiempo del registro de estaciones meteorológicas fijas urbanas y periurbanas, cartografías de isotermas a partir de redes de estaciones o recorridos con vehículo, percepción remota así como el uso de modelos, ya sean estadísticos, físicos o de simulación meteorológica con métodos numéricos. Se observa que el empleo de la percepción remota y de modelos es apenas incipiente, pero se prevé que sean la tendencias en los próximos años. Palabras clave: estaciones meteorológicas, isotermas, transectos móviles, percepción remota, modelos en clima urbano.

CCA-17

VARIACIÓN ECOLÓGICA DE QUISTES DE DINOFLAGELADOS Y SU RELACIÓN CON EL NIÑO OSCILACIÓN AUSTRAL Y LA OSCILACIÓN DECADAL DEL PACÍFICO DE 1853 A 1963, CUENCA SAN LÁZARO, OCEANO PACÍFICO, MÉXICO

Méndez Díaz Cristal¹, Helenes Escamilla Javier¹, Mejía Piña Karla Gabriela², Quezada Castañeda José Rigel³, Lavaniagos Espejo Bertha Eugenia¹, Gómez Arias Efraín¹ y Flores Castro Kinardo³

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE

²Universidad Autónoma de Baja California

³Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

cristal@cicese.edu.mx

El análisis cualitativo y cuantitativo de palinóforos de la Cuenca San Lázaro (CSL) en el período que va de 1853 a 1963, en comparativo con la Temperatura Superficial del Mar (TSM), El Niño Oscilación Austral (ENOA) y la Oscilación Decadal del Pacífico (ODP), permitió identificar variaciones en condiciones oceanográficas y climáticas de la cuenca. Los datos se obtuvieron a partir de 27 muestras de sedimentos laminados del núcleo SOLE09-01, donde se identificaron palinóforos marinos (quistes de dinoflagelados y huevos diapaúsicos de copépodos) y continentales (angiospermas y gimnospermas). Además, los análisis estadísticos permitieron detectar tres intervalos con características oceanográficas y palinológicas diferentes. En el primer intervalo (1853-1900), la TSM, ENOA y la ODP están sincronizados, hay baja variabilidad y temperatura, alta productividad primaria (PP) y correlación con las especies *Selenopemphix nephroides* y *Brigantedinium cariacense*. El segundo intervalo (1900-1925), la ODP es asincrónica a la TSM y ENOA, muestra mayor variabilidad de temperatura y alta PP durante eventos fríos, relacionados con las especies *Brigantedinium auranteum*, *Brigantedinium cariacense*, *Brigantedinium simplex*, *Protoperidinium americanum* y *Spiniferites ramosus*. Finalmente, en el tercer intervalo (1925-1963), se sincronizan nuevamente los forzamientos regionales con la TSM, presenta alta variabilidad y temperatura, se detecta relación con las especies *Brigantedinium asymmetricum*, *Brigantedinium irregularis* y *Protoperidinium americanum*. La concentración de palinóforos marinos (754 × 103 pal/g sed) y continentales (624 × 103 pal/g sed), indican la alta productividad de la cuenca y sus variaciones simultáneas señalan que la

CSL está dominada por surgencias, generando neblinas costeras que favorecen la productividad marina y aporte continental por humectación. Las concentraciones máximas se detectaron en condiciones de menor variabilidad de la TSM que no excedían el umbral de 25 °C, este valor también es referencia para la aparición de especies de afinidad tropical y fría. Existe dominancia de quistes de dinoflagelados heterótrofos de afinidad climática templada, pero a partir de 1960 aumentan las especies potencialmente tóxicas y la presencia de especies tropicales. En general, se reconoce una tendencia al calentamiento actual, así como eventos más energéticos de la ODP.

CCA-18

PERÍODOS DE SEQUÍA, CICLONES TROPICALES Y OSCILACIONES DE GRAN ESCALA EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Zarraluqui Víctor y Adams David

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

vzs1@atmosfera.unam.mx

Los problemas generados por las sequías en diferentes regiones del planeta se están agudizando, aunado al mal manejo del agua (desperdicio, contaminación de ríos, sobreexplotación de acuíferos, etc.) y México no es la excepción. Como sabemos se trata de un fenómeno natural y recurrente como lo muestran los registros históricos del país. El país está sujeto a una alta variabilidad de la precipitación, un problema multifactorial dado por su ubicación geográfica que conlleva a que diversos fenómenos meteorológicos se presenten cada año, en conjunto con una orografía compleja. Por ello cada día es más importante entender fenómenos hidrometeorológicos como los ciclones tropicales y patrones de circulación como el Monzón de Norteamérica y la Zona intertropical de convergencia (ITCZ) que afectan el clima del país. En este trabajo se hace un análisis desde la formación de los ciclones, trayectorias y regiones afectadas, etc. durante los períodos de sequía para el período 2000-2020 en particular. Para el desarrollo del estudio se ocuparon las plataformas satelitales TRMM y GPM que proveen información detallada que permite dar un seguimiento puntual con los productos (algoritmos ½ hora, 1 día y mensual). También se incorporó la información que proporciona el Servicio Meteorológico Nacional y el "National Hurricane Center", así como el índice ONI (para la fase en la que se encuentra la oscilación del sur (ENSO)) ya que como se sabe ENSO modula la actividad de los ciclones tropicales (Duración y trayectoria). Durante el intervalo estudiado destacan 2 períodos con dichas características 2009-2012 y 2019-2020. En donde la precipitación a nivel nacional estuvo por debajo de los 800 milímetros en promedio a excepción del año 2010. Y en donde se presenta déficit en los meses de mayor precipitación en el país. Un caso que destaca es el año 2015 con un niño intenso en el que, a pesar de presentar el mismo déficit en el período referido, el anual se encuentra por encima de la media. Otro resultado interesante es el de año 2019 (segundo más seco del período), y a pesar de que la temporada de ciclones tropicales fue por arriba del promedio climatológico (1981-2010), del lado del atlántico solo fue afectado por un ciclón "Ferdinand" que impactó en Tamaulipas. Aquí cabe destacar que con la metodología aplicada se logró regionalizar el área que afectó dicho fenómeno (varios estados), así como la precipitación que generó el evento. Lo anterior se aplicó a todo el período analizado. Por último y como parte de los productos obtenidos, se generaron mapas mensuales de anomalías, se hizo un análisis de la precipitación en las áreas de influencia de la ITCZ así como del Monzón.

CCA-19

MECANISMOS DE TELECONEXIÓN ENTRE EL NIÑO-OSCILACIÓN DEL SUR Y EL MONZÓN DE NORTEAMÉRICA

Tapia Flores Karen Miriel y Turrent Thompson Cuauhtémoc

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE

ktapia@cicese.edu.mx

Este trabajo aborda el tema de los mecanismos físicos detrás de la teleconexión entre El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) y el Monzón de Norteamérica (NAM). Estos sistemas son sumamente importantes para el clima de Norteamérica, ya que modulan patrones espacio-temporales de variables meteorológicas fundamentales. El objetivo principal es identificar el mecanismo de teleconexión a través de un análisis numérico-analítico. Nuestra hipótesis es que ENSO modula al NAM a través de ondas de Rossby de baja frecuencia. La importancia de este trabajo se resalta en la necesidad de describir los efectos de El Niño en países de Norteamérica. Se busca identificar el mecanismo físico asociado a ENSO que impacta en el anticiclón del NAM, tal y como se identificó en Castro et al. (2007). En ese trabajo se asociaron anomalías de geopotencial negativos a años Niño y anomalías positivas a años Niña. Se trabajó con datos del reanálisis ERA5 (1950 a 2023), se describió el estado medio utilizando climatologías estacionales de la región (cuenca del Pacífico Norte) de geopotencial a 500 hPa, velocidad horizontal y temperatura. Se definió una función corriente cuasigeostrofica para aproximar el flujo. Posteriormente, utilizando la generalización de Takaya y Nakamura (2001) a la relación de Eliassen-Palm, se calculó el flujo de acción de onda local (W) en la zona de estudio. Esta cantidad indica la actividad y presencia de ondas en flujos zonalmente variables. Se compararon los resultados de W entre veranos de años con Niño/Niña intenso y años neutros. Finalmente, se asociaron estos resultados al patrón identificado por Castro et al. (2007). Se espera además calcular espectros de densidad de potencia para caracterizar las ondas encontradas con el análisis descrito anteriormente. Para la

primera parte del análisis se describió satisfactoriamente el flujo en latitudes medias con la aproximación cuasi-geostrófica, la circulación media obedece principalmente a la corriente en chorro subtropical. El flujo W se observó más intenso en años con presencia de El Niño y La Niña respecto a años neutros, tal como sugieren estudios anteriores (e.g. Yadav (2017)). Las anomalías de geopotencial son negativas sobre el área de influencia del anticiclón del NAM durante el verano Niño y positivas en la misma región durante el verano de año Niña, lo que concuerda con los resultados de Castro et al. (2007). Los resultados preliminares del análisis espectral sugieren una frecuencia baja y un número variando únicamente en latitud. La relación entre los eventos asociados a ENSO y el anticiclón del NAM está presente en los resultados del trabajo, esto sugiere que la precipitación asociada al NAM se ve influenciada por la fase y magnitud de ENSO. Durante años con presencia de El Niño/La Niña la actividad de ondas se incrementa en la cuenca del Pacífico Norte. Esta onda explica el resultado de Castro et al. (2001). Usando análisis espectral es posible identificar estas ondas como ondas de Rossby.

CCA-20

EL MONZÓN GLOBAL BAJO CAMBIO CLIMÁTICO

Reyes Mariana¹, Quintanar Ignacio Arturo² y Ochoa Carlos Abraham²

¹Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

²ICAYCC UNAM

mar_909@hotmail.es

En los últimos años se ha comprobado un aumento significativo en los niveles de concentración de CO₂ a nivel mundial, que resulta en un aumento en la temperatura de la troposfera inferior. El monzón global (GM por sus siglas en inglés), como todos los procesos de la atmósfera, está sujeto a cambios en su estructura cinemática y dinámica ante el escenario de aumento de CO₂ en la atmósfera. El objetivo de este trabajo fue utilizar la serie de datos del modelo de reanálisis ERA5 (desde 1940 hasta 2020), para analizar variables dinámicas y termodinámicas esenciales en la circulación monzónica bajo cambio climático. Para ello, se utilizan dos periodos espaciados por ~ 35 años, con el propósito de contrastar dos escenarios con una diferencia de concentración en CO₂ de aproximadamente 100 ppm. Las variables estudiadas son precipitación, temperatura superficial del mar, componentes zonal y meridional del viento, velocidad vertical, vorticidad potencial y energía estática húmeda. Este estudio se centra en el análisis de las variables en latitud y altura. Por ello, utilizamos el promedio zonal en todo el globo y también promedios zonales en las bandas que corresponden a los monzones regionales (MR): el Monzón de Norteamérica, el Monzón Sudamericano, el Monzón de África Occidental, el Monzón de Asia Oriental del Sur y el Monzón del Continente Marítimo Australiano. Adicionalmente, para poder contrastar las diferencias tierra-oceano se agregaron las regiones del centro del océano Pacífico y el océano Atlántico. El análisis de los MR se extendió incluyendo la época del año en la que están presentes (verano boreal y austral). El análisis global revela un cambio en el sentido de las anomalías respecto a la climatología de los dos periodos propuestos. Este resultado se observa en todas las variables utilizadas, en ambos veranos. Por otra parte, se observa un aumento en la intensidad del ciclo hidrológico [Delta(P - E)] durante el verano boreal, en los periodos estudiados. Este aumento no es consistente con un escalamiento de tipo Clausius-Clapeyron. El análisis detallado de los MR exhibe que las variables termodinámicas modifican significativamente la precipitación de todos los MR en un escenario de aumento de CO₂, y no así las dinámicas.

CCA-21

EVALUACIÓN DE LOS PATRONES DE PRECIPITACIONES EXTREMAS Y SU IMPACTO EN LA VULNERABILIDAD DE OBRAS HIDRÁULICAS EN EL NOROESTE DE MÉXICO

Pineda Martínez Luis Felipe, Rodríguez González Baudelio, Escalona Alcázar Felipe de Jesús, Dzúl García Oscar, Dzúl Aguilar Oscar Alonso y Aguilar Ortega Francisco

Universidad Autónoma de Zacatecas

lpineda@uaz.edu.mx

Los eventos de lluvia intensa tienen impactos a la población porque causan inundaciones, deslizamientos de laderas, derrumbes y en ocasiones la falla de la infraestructura hidráulica. El cambio climático ha modificado los patrones de lluvia en la región norte y noreste de México, provocando que eventos de lluvia extrema contribuyan en un alto porcentaje a la lluvia acumulada anual de la región. La parte noroeste del país tiene una componente de lluvia intensa asociada a procesos convectivos debido a la topografía, además de una alta influencia del monzón de Norteamérica. En este trabajo realizamos un análisis de los eventos de lluvia máxima diaria de 1980 a 2023 para ventanas de tiempo de 5, 10 y 15 días. A partir de datos diarios del Multi-Source Weighted-Ensemble Precipitation (MSWEP) versión 2.8 y de estaciones pluviométricas se analizaron datos de la lluvia promedio y acumulada, para estimar la precipitación máxima probable diaria. Se calculó la lluvia diaria acumulada para cada periodo de 5, 10 y 15 días de la serie de tiempo y se correlacionó con índices climáticos, además se estimó la tendencia de cada periodo de tiempo. De este análisis se generó un mapa de vulnerabilidad de pequeñas presas y bordos de almacenamiento de agua en la región noroeste de México, considerando el volumen total almacenado y el nivel de agua máximo ordinario. Estos resultados son establecidos en mapeo a una malla regular de 0.25° x 0.25°, para presentar los valores de vulnerabilidad asociados a la precipitación máxima diaria.

CCA-22

CLIMATOLOGÍA DE LA PRECIPITACIÓN Y LA INFLUENCIA DEL ENSO EN LAS SUBCUENCAS DEL GRIJALVA

García Loginova Vladimir¹, Zavala Hidalgo Jorge² y García Reyes Ángel Manuel²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE

²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

vladgconi@gmail.com

La cuenca del Grijalva es de gran relevancia en el sur de México debido a que tiene la mayor cantidad de precipitación y el sistema hidroeléctrico más extenso en el país. Además, la cuenca baja ha sido impactada por inundaciones extremas en años recientes. Es la fuente de agua para millones de personas y para la industria regional. Para este estudio la cuenca es dividida en cuatro subcuencas: Angostura, Chicoasén, Malpaso y Peñitas. Cada una de estas subcuencas tiene una presa que ayuda a regular el flujo de agua y a generar energía hidroeléctrica. Para entender mejor la climatología de la región, este estudio usa observaciones históricas de lluvia en las subcuencas para describir los patrones de precipitación y su variabilidad. Varios estadísticos son procesados para describir el ciclo anual de la precipitación de cada subcuenca. Los resultados muestran que Angostura, Chicoasén, y Malpaso comparten una climatología en común con picos de precipitación que ocurren en Junio y Septiembre, y la canícula en Julio. Peñitas experimenta considerablemente más precipitación a lo largo del año, con altos valores en Octubre-Noviembre. En todas las subcuencas los años de La Niña (El Niño) están caracterizados por un incremento (decremento) de la precipitación en la época lluviosa. El estudio demuestra que la precipitación extrema observada durante los años de La Niña en el otoño es debido principalmente a un mayor número de ciclones tropicales en el oeste del Mar Caribe y el Golfo de México.

CCA-23

IDENTIFICACIÓN DE PATRONES OCEÁNICOS Y ATMOSFÉRICOS EN DIFERENTES ESCALAS ESPACIO-TEMPORALES QUE PRECEDEN LAS ANOMALÍAS DE LLUVIA EN DIFERENTES REGIONES HIDROLÓGICAS DE MÉXICO

Trujillo-Rojas Katia Denis y Zavala-Hidalgo Jorge

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

katia.trujillo@atmosfera.unam.mx

Investigaciones recientes han demostrado que es posible explicar una parte significativa de la variabilidad de la precipitación en una región mediante métodos estadísticos y la identificación de patrones de gran escala que preceden la anomalía de precipitación. En este trabajo se amplía esa metodología a una mayor resolución espacial y temporal, utilizando modelos de regresión múltiple con inteligencia artificial. A partir de datos del reanálisis ERA5 se utilizan 53 años de información oceánica y atmosférica para analizar la variabilidad de la precipitación subestacional en México a escala de cuenca hidrológica y su relación con anomalías a gran escala en variables meteorológicas y oceánicas que la preceden. Se identificaron periodos de mayor y menor predictibilidad en el país y se comparó la capacidad de pronóstico de los tres métodos utilizados.

CCA-24

ANÁLISIS DE DATOS HIDROMETEOROLÓGICOS EN LA ZONA METROPOLITANA DE XALAPA

Castillo Perez Nadia Itzel y Ochoa Martínez Carolina A.

Centro de Ciencias de la Tierra, CCT

nadia.itzel.cp@gmail.com

La Zona Metropolitana de Xalapa (ZMX) está conformada por nueve municipios, con caracterizaciones climáticas distintas, por lo que el presente trabajo tiene por objetivo central el análisis de datos hidrometeorológicos de 16 bases de datos climatológicas disponibles para la ZMX provenientes de estaciones meteorológicas/ climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) para el periodo (1981-2004). Para ello se realizó el test de control de calidad para seleccionar un periodo comparativo que pudiera abarcar a la mayoría de las estaciones. Posteriormente se evaluó la similitud de la señal climática entre las estaciones en la ZMX a través del test de análisis de varianza, la correlación espacial, la media estacional y el ciclo anual. Los resultados obtenidos permiten tener una serie de referencia y una correlación aceptable con la climatología de precipitación de la ciudad de Xalapa; además la zona metropolitana se subdividió en tres regiones para calcular el promedio de área y evaluar diferentes bases reticuladas (satelitales, reanálisis y combinadas) disponibles para la región, con la finalidad de reducir la incertidumbre en la utilización de bases observacionales (estaciones meteorológicas) y reticuladas en la zona de estudio.

CCA-25

ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO

Reyes Trujillo Guadalupe¹, López Espinoza Erika Danae² y Zavala Hidalgo Jorge²¹Facultad de Ciencias, UNAM²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
guadalupe.reyes1@gmail.com

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) está formada por 16 alcaldías de la Ciudad de México, 59 municipios del Estado de México y un municipio de Hidalgo. De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2020), la ZMVM cuenta con poco más de 21 millones de habitantes en una superficie de 7,954 km², que representan 17.3% de la población nacional. La temporada de lluvias se extiende de mayo a octubre y cada año la ZMVM se ve afectada por sistemas meteorológicos tropicales y de latitudes medias, con eventos extremos que pueden afectar regiones de diferente extensión de la ZMVM, afectando a la población y las actividades. A partir de datos observacionales de precipitación diaria de las redes CLICOM (1930 a 2020) y SACMEX (1988-2020), se analizaron las series de tiempo con al menos 20 años de observaciones para estudiar el cambio en el comportamiento de la precipitación en la ZMVM. Para ello se calculó la tendencia a largo plazo de la precipitación diaria, algunos índices climáticos (precipitación máxima en un día y en cinco días, cálculo anual de días en los que la precipitación diaria es mayor o igual a 5, 10, 20 y 50 mm, etc) y los percentiles 95 y 99. Agradecimiento: Esta investigación ha sido realizada gracias al Programa UNAM DGAPA-PAPIIT IT101823.

CCA-26

PELIGROS CONVECTIVOS QUE AFECTAN A LOS AEROPUERTOS EN MÉXICO

Miranda Alcántara Isaac¹, León Cruz José Francisco² y Galicia Sarmiento Leopoldo²¹Facultad de Ciencias, UNAM²Instituto de Geografía, UNAM

isaacmial662@ciencias.unam.mx

El estudio de las tormentas convectivas y diversos peligros asociados como granizo, tormenta eléctrica y tornados es una línea de investigación poco desarrollada en México, a pesar de que estos fenómenos representan un peligro potencial para la población. En el contexto aeronáutico, este tipo de fenómenos representan, además, condiciones peligrosas en las maniobras de despegue y aterrizaje, causando daños económicos asociados con retrasos y cancelaciones de vuelos, y, en casos extremos, daños directos a las aeronaves, hasta la pérdida de vidas humanas. En este trabajo se presenta, por primera vez, una climatología de tormenta eléctrica y granizo en los aeropuertos mexicanos para el período 1990-2020, basada en registros rutinarios de METAR. Además, con base en datos de reanálisis ERA5 y la metodología de sondeos de proximidad, se examinaron las condiciones ambientales asociadas con la formación de ambos peligros convectivos. Se analizaron parámetros de inestabilidad, cinemáticos y compuestos, y los resultados permitieron generar una clasificación de tipos de tormentas empleando técnicas de agrupamiento como las k-medias. Los entornos ambientales identificados permitieron generar relaciones con factores regionales como la orografía, circulaciones océano-atmósfera, y diversos sistemas atmosféricos. El mayor entendimiento de los entornos ambientales que favorecen la formación de tormentas severas y peligros como tormentas eléctricas y granizo, puede apoyar en la formulación de mejores pronósticos y la disminución de los impactos asociados con estos fenómenos en los aeropuertos mexicanos.

CCA-27

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PARAMETRIZACIÓN DE MICROFÍSICA DE NUBES PARA UNA REGIÓN COSTERA TROPICAL

Castillo Liñan Salvador¹, Cerezo Mota Ruth¹ y Ladino Moreno Luis Antonio²¹Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, UNAM, Unidad Sisal, Yucatán²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
calsal.93@gmail.com

Los modelos climáticos globales y regionales suelen calcular incorrectamente la precipitación en las regiones tropicales. Esto se debe a que las parametrizaciones de microfísica de nubes existentes en los modelos están basadas en datos de latitudes medias y altas. Por lo tanto, existe una brecha sobre el entendimiento de los modelos de la microfísica de nubes en las regiones tropicales. En este estudio, con datos medidos en una región tropical, se ha desarrollado e incorporado una nueva parametrización al esquema de microfísica Nogueroth-Thompson del modelo regional RegCM. La nueva parametrización deriva de datos de aerosoles con características singulares conocidos como partículas de nucleación de hielo (INPS). En base al comportamiento local de los INPS, la parametrización calcula el número de concentración de cristales de hielo (Ni) que retroalimentan los procesos de microfísicas de nubes frías y mixtas en el modelo. Los datos medidos para la realización de dicha parametrización provienen de la campaña realizada por el grupo de Ladino et al. (2019) en la localidad costera de Sisal, Yucatán. Los resultados preliminares muestran que la precipitación en el modelo RegCM presentan una alta sensibilidad a los cambios en las parametrizaciones de cúmulos y microfísica,

lo que hace esencial explorar estas opciones para la Península de Yucatán. Las parametrizaciones que consideran los INPs medidos en la región, redujeron los sesgos en la precipitación acumulada. Estos resultados resaltan la importancia de que el modelo resuelva adecuadamente el hielo en las nubes, ya que este modula el inicio, la hora pico de intensidad y la duración de la precipitación, y un exceso en la fracción de masa de hielo en la nube conduce a una mayor cantidad de precipitación.

CCA-28

ESTUDIO DE LAS PARAMETRIZACIONES GAMMA DE EVENTOS DE PRECIPITACIÓN EN MÉXICO

Montero Martínez Guillermo

Universidad Nacional Autónoma de México

gmontero@atmosfera.unam.mx

La precipitación es un componente clave del ciclo hidrológico, por lo que el conocimiento y la comprensión de sus procesos de formación y evolución son de suma importancia. Las parametrizaciones de las distribuciones por tamaño de gota (DSD) son elementos esenciales en el estudio microfísico de la precipitación pluvial y han probado ser una herramienta indispensable para diferentes campos, como la percepción remota de las tormentas, en el estudio de la erosividad de la lluvia o en la modelación matemática usada para incrementar la compresión de los procesos. Este estudio presenta un análisis de los datos microfísicos y de las DSD colectadas con disdrómetros ópticos PWS100 en cuatro sitios en México. Las plataformas de muestreo son de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos de la UNAM. La intensidad de la lluvia estimada a partir de datos microfísicos (tamaño de las gotas y velocidad de caída) es congruente con las observaciones obtenidas mediante el uso de pluviómetros de balancín instalados junto a los dispositivos ópticos. Con base a las estimaciones del diámetro volumétrico medio y las variaciones de agua acumulada, se ha hecho una clasificación del tipo de lluvia como convectiva, estratiforme y somera (muy ligera). El análisis de los resultados de los coeficientes de la parametrización gamma de DSD muestra que tienen valores grandes cuando los espectros están dominados por un gran número de gotas pequeñas y medianas (que indican bajas intensidades de precipitación), y valores más pequeños a medida que la intensidad aumenta (cuando DSD se desplaza hacia diámetros grandes). Además, los promedios de los parámetros gamma revelan valores más bajos, intermedios y mayores cuando la lluvia se clasifica como convectiva (intensa), estratiforme o superficial (muy ligera), respectivamente. La información obtenida en el estudio puede ser usada en la validación de radares meteorológicos y de los datos obtenidos con modelos numéricos para mejorar la comprensión de los procesos que influyen en la formación de lluvia en las áreas donde están desplegadas las plataformas de muestreo.

CCA-29

ESTUDIO DE LA VELOCIDAD DE CAÍDA DE LAS GOTAS DE LLUVIA EN JURIQUELLA, QUERÉTARO

Ramírez Paloma Josselyn¹ y Montero Martínez Guillermo²¹Instituto Politécnico Nacional, IPN²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
palomajr12017@gmail.com

La velocidad de caída de las gotas de lluvia (Vg) es un importante parámetro de la precipitación debido a sus aplicaciones en los estudios de erosión del suelo y en la detección remota de precipitaciones mediante radares meteorológicos. Estudios que describen Vg han mostrado anomalías con relación a las velocidades teóricas de los hidrometeoros (Vt). Como hipótesis de esta investigación se plantea que la intensidad del viento horizontal puede producir anomalías en la Vg. Por lo tanto, el propósito de este trabajo es analizar el cambio de la proporción del número de gotas terminales en periodos de lluvia con diferente intensidad de viento en una plataforma instrumentada localizada en Juriqueilla, Querétaro (ubicada a 20 ° 42' 10.80" N y 100 ° 26' 50.28" O a 1950 m s.n.m.). A partir de los datos obtenidos gracias a la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA) de la UNAM entre 2015 y 2018, se validan los valores de precipitación acumulada registrados por el sensor de tiempo presente PWS100 con respecto al pluviómetro de balancín TR-525. Se calculan los promedios de Vg de periodos representativos en función del viento clasificado como calmo, moderado, fuerte e intenso. Se determina a través de pruebas estadísticas el efecto del viento en la Vg. Los resultados muestran que las estimaciones de la acumulación de precipitación del PWS100 son mayores que las del instrumento TR-525. Además, las pruebas estadísticas indican cambios en la proporción de gotas terminales en periodos con diferentes intensidades de viento. Por lo tanto, se acepta la hipótesis que enuncia que el viento tiene un efecto en Vg en el sitio de muestreo.

CCA-30

CONSTRUCCIÓN DE LA BASE DE DATOS DE PRECIPITACIÓN Y EROSIVIDAD DE LA PRECIPITACIÓN A ESCALA NACIONAL EN MÉXICO

Varón Ramírez Viviana Marcela¹, Gómez Latorre Douglas Andrés²,
Arroyo Cruz Carlos Eduardo³ y Guevara Santamaría Mario Antonio³

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
viviana.varon@geociencias.unam.mx

La erosión hídrica del suelo (EHS) es el proceso de degradación del suelo dominante a escala global. La erosividad es un índice que se refiere al potencial que tiene la precipitación para generar EH. Un gran desafío es contar con datos precisos de series de precipitación, con alta resolución temporal, para estimar la erosividad desde una perspectiva regional a global. El objetivo consistió en desarrollar la primera base de datos con las series de precipitación diarias en tres normales climáticas NC (1968-1997, 1978-2007 y 1988-2017) para estimar la erosividad de la precipitación a escala nacional en México. Primero, compilamos información de mas de 5000 estaciones meteorológicas distribuida en todo el territorio mexicano. Luego, realizamos un análisis robusto de control de calidad (e.g., análisis de saltos, identificación de valores atípicos, relleno y homogenización de las series) y obtuvimos 1369, 1678 y 1676 series de precipitación confiables para cada NC. Los valores medios de erosividad de la lluvia para las tres NC fueron 3600, 3296 y 3461 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹, respectivamente. La distribución estadística de los valores de erosividad está sesgada a la derecha en las tres normales, alcanzando valores de erosividad de más de 8000 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹. Respecto a la comparación con la base de datos global de erosividad (GloREDA), identificamos que los valores medios de erosividad de la lluvia para las ecorregiones de Desiertos de América del Norte, las elevaciones semiáridas y el Bosque Seco Tropical son similares; sin embargo, para las ecorregiones con mayor precipitación, como las Sierras Templadas y el Bosque Húmedo Tropical, la base de datos GloREDA subestima los valores de erosividad. La nueva base de datos está disponible para consulta pública para investigadores y estudiantes, asistentes técnicos y tomadores de decisiones interesados en estudios relacionados con EHS en todo México. Por lo tanto, esta investigación mejora la evaluación de las variables climáticas y sus patrones espaciales, contribuyendo a una mejor comprensión y predicción del proceso de EHS a escala nacional. Palabras clave: Pérdida de suelo, erosividad de la precipitación, series de precipitación, proceso de imputación.

CCA-31

PATRONES DE MUERTES POR ACTIVIDAD ELÉCTRICA EN TAMAULIPAS, VERACRUZ Y TABASCO

Viveros García Blanca Elizabeth¹, Farfán Molina Luis Manuel² y Tereshchenko Irina¹

¹Universidad de Guadalajara

²CICESE

elizabeth.viveros3091@alumnos.udg.mx

Este estudio analiza las tormentas eléctricas en los estados de Tamaulipas, Veracruz y Tabasco a través de datos obtenidos de la red GLD360 de Vaisala, para determinar una climatología de estas tormentas durante el periodo de enero de 2019 a diciembre de 2022. Estos datos corresponden a la componente de descargas eléctricas entre nube y tierra, son procesados cada hora y separados a nivel municipal. Adicionalmente, se analizan una base de datos con reportes de muertes ocasionadas por las descargas en este mismo periodo, con el objetivo de comprender el comportamiento espacial (estados, municipios) y temporal (meses, horas) de los eventos que causan impacto directo en la población. Durante el período de 2019 a 2022, Tabasco registró la mayor densidad promedio de rayos, con 6.7 rayos por km² en septiembre. Le siguió Veracruz con 4.0 rayos por km² en mayo y agosto, y Tamaulipas con una densidad de 4.0 rayos por km² en mayo. Todos los estados coincidieron en que 2020 fue el año más activo en cuanto a rayos. Los meses con menor incidencia de rayos fueron de noviembre a marzo, mientras que el periodo más activo fue de abril a septiembre, coincidiendo con los meses de primavera y verano. Los municipios con mayor incidencia de rayos están ubicados entre los límites de Veracruz y Tabasco con densidad de 50–70 rayos por km². Según la Secretaría de Salud, entre 1998 y 2022, Veracruz registró el mayor número de muertes por rayos, con un total de 134 fallecimientos, seguido de Tabasco con 31 y Tamaulipas con 30. El análisis revela que los hombres son las principales víctimas de estos incidentes, los cuales ocurren predominantemente en el campo y en vías públicas como calles o carreteras. Los resultados obtenidos de esta investigación son de vital importancia para la toma de decisiones en materia de protección civil para los estados en la costa occidental y sur del Golfo de México. Al comprender mejor la naturaleza de las tormentas eléctricas en la región, es posible implementar medidas preventivas que reduzcan significativamente el riesgo de pérdidas humanas y materiales.

CCA-32

LA MODULACIÓN DE LA HUMEDAD DE LAS ONDAS ECUATORIALES DEL TIPO ONDAS MIXTAS DE ROSSBY-GRAVEDAD

Alves Braga Hugo y Magaña Víctor
Universidad Nacional Autónoma de México
hugo.braga@alumni.usp.br

La actividad y dinámica de las Ondas Mixtas de Rossby-Gravedad (MRGWs) durante los meses de invierno boreal se examinan mediante análisis dinámico-estadísticos. Utilizando un análisis de componentes principales de la componente meridional del viento a 200 hPa, se determina la actividad de MRGW. La estructura espacial de MRGW sobre el Pacífico oriental se reconstruye adecuadamente cuando se utilizan patrones compuestos de los vientos tropicales en varios niveles troposféricos. Los análisis compuestos de la Radiación Saliente de Onda Larga (OLR) muestran la propagación hacia el este de la nubosidad asimétrica sobre el Pacífico ecuatorial central y occidental. De esta manera, la coherencia espacial entre el viento y las anomalías de actividad convectiva tropical obtenidas en función de la estructura de las MRGWs en niveles troposféricos bajos sugiere que las ondas ecuatoriales de este tipo modulan la actividad convectiva. Así, se concluye que el forzante lateral es el disparador de MRGW, es decir, por ondas de latitudes medias que se propagan hacia el ecuador sobre la región del ducto de vientos del oeste en niveles troposféricos altos. Los flujos de humedad integrados muestran que la actividad convectiva modulada por las MRGW es resultado de convergencia y divergencia 15 a 20° de latitud. Por lo tanto, las MRGW constituyen un ejemplo de interacciones entre regiones tropicales y extratropicales que resultan en fenómenos meteorológicos en las regiones tropicales.

CCA-33

EL CICLO HIDROLÓGICO ATMOSFÉRICO Y LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LAS AMÉRICAS TROPICALES

González Graciela y Magaña Víctor
Universidad Nacional Autónoma de México
gracy.gonzalez2604@gmail.com

El ciclo hidrológico juega un papel fundamental en el sistema climático terrestre, es resultado de una circulación continua de agua a través de una serie de reservorios interconectados, que involucra procesos de evaporación, transporte atmosférico de humedad, condensación, precipitación y escorrentía superficial. Para analizar la dinámica del vapor de agua en la atmósfera se puede realizar un diagnóstico del flujo de humedad integrado en la vertical con información de datos atmosféricos de humedad y vientos mientras que, la divergencia del flujo, la evaporación neta, al igual que la precipitación contribuyen a explicar el agua precipitable en la atmósfera. Varios estudios han demostrado que los eventos de precipitación están influenciados por el momento, la ubicación y la duración del transporte de vapor de agua integrado verticalmente y su convergencia es crucial para el desarrollo de eventos de intensa actividad convectiva. El balance de humedad en la atmósfera establece que el agua precipitable cambia como resultado de la diferencia entre precipitación y evaporación, así como por el efecto de la convergencia del flujo de humedad verticalmente integrado. Como resultado se observa que, en los meses de verano, los flujos de humedad hacia el Caribe y Golfo de México aumentan significativamente, al igual que la evaporación mientras que los cambios en agua precipitable dependen de transientes (ondas del este y ciclones tropicales). La tendencia al calentamiento de los mares Intra Americanos puede resultar en más evaporación y agua precipitable, pero no necesariamente en más precipitación, a menos que la actividad de transientes aumente.

CCA-34

EVALUACIÓN DE PRONÓSTICO METEOROLÓGICO DE ALTA RESOLUCIÓN PARA EL GOLFO DE MÉXICO CON EL MODELO WRF

Rodríguez Solís José Luis y Sheinbaum Pardo Julio
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE
jrodriguez@cicese.edu.mx

Los modelos numéricos regionales para pronóstico meteorológico son fuentes de información y herramientas de toma de decisiones que deben ser evaluadas constantemente. En este trabajo se presenta la evaluación del pronóstico del modelo Weather Research and Forecasting (WRF) para un dominio que cubre el Golfo de México y parte del mar Caribe con resolución espacial de 3km y temporal de una hora. Para conocer los sesgos del modelo, además de las métricas estadísticas ampliamente usadas, se muestra la implementación del CEMD (Circular Earth Mover's Distance) para la comparación local del comportamiento del viento con observaciones in situ. Los resultados muestran una mejora del pronóstico al incrementar la resolución y que métricas como el CEMD puede proporcionarnos información que nos ayuda a evaluar variables más complejas como el viento.

CCA-35

DESEMPEÑO DEL MODELO WRF ACOPLADO AL MODELO OCEÁNICO PRICE-WELLER-PINKEL EN SIMULACIONES DE CORTO Y LARGO PLAZO

Guillermo Montiel Juan Carlos y Martínez López Benjamín
Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
jcarlosgm@atmosfera.unam.mx

En nuestro país, el modelo WRF es ejecutado principalmente en modo atmosférico, es decir, que el campo de la SST es prescrito o simplemente no se considera. Lo anterior es un tema relevante, ya que el océano y la atmósfera son dos componentes del sistema climático que se encuentran complejamente ligados y sus procesos de retroalimentación ocurren en una gran variedad de escalas espaciales y temporales; en la literatura, diversos autores resaltan la importancia de esta interacción. Sin embargo, la implementación de un sistema acoplado océano-atmósfera utilizando modelos robustos para cada componente del sistema no es un tema trivial. Las principales limitaciones en la implementación de estos sistemas acoplados se encuentran en el alto coste computacional, tanto en términos de capacidad de cómputo como de almacenamiento, así como en la complejidad técnica necesaria para su ajuste y mantenimiento. Por lo anterior, una alternativa para la representación de un océano activo, es el uso de modelos de capa de mezcla o de modelos de circulación oceánica con ecuaciones simplificadas. Estos modelos, con diferentes grados de aproximaciones dinámicas y termodinámicas, permiten emular la interacción océano-atmósfera con un coste computacional considerablemente menor al requerido en un sistema totalmente acoplado. En este trabajo se utilizó el sistema acoplado WRF-PWP compuesto por el modelo atmosférico WRF y el modelo tridimensional de circulación oceánica Price-Weller-Pinkel. Se analizó el desempeño del sistema acoplado WRF-PWP en la simulación de variables de interés tanto en simulaciones de corto plazo como en simulaciones de largo plazo, comparando los resultados contra los correspondientes a experimentos en modo atmosférico así como contra el reanálisis ERA5; utilizando diversas métricas estadísticas. Como caso especial, se ejecutaron una serie de experimentos utilizando el sistema acoplado WRF-PWP, para la simulación del Huracán Otis. El análisis de los resultados se enfocó en la trayectoria, la intensificación y el tiempo de arribo a la costa. Los resultados muestran que al considerar el acoplamiento del océano, se mejoran varios aspectos de la simulación del Otis.

CCA-36

CLIMATOLOGÍA Y VARIABILIDAD INTERANUAL DE LOS CICLONES TROPICALES QUE INGRESARON POR LAS COSTAS DEL PACÍFICO MEXICANO: 1970-2023

Romero-Centeno Rosario, Pineda León Roberto y Zavala-Hidalgo Jorge
Universidad Nacional Autónoma de México
rosario@atmosfera.unam.mx

Se presentan los resultados del análisis estadístico de la ocurrencia de ciclones tropicales (CTs) en la cuenca del Pacífico tropical nororiental para un periodo de más de 50 años, de 1970 a 2023, utilizando la base de datos HURDAT2 de la NOAA. El estudio está enfocado a las trayectorias e intensidades de los CTs que ingresaron por las costas del Pacífico mexicano, y se presentan las distribuciones de frecuencias anuales y mensuales, la distribución por categorías, las regiones de origen de los CTs que ingresaron a tierra y de aquellos que no lo hicieron, los sitios de entrada al territorio mexicano, la tendencia en el número de ingresos a tierra, así como su variabilidad interanual y la relación con el fenómeno de El Niño Oscilación del Sur, entre otros aspectos.

CCA-37

INTENSIFICACIÓN DE HURACANES, ENSO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

Martínez López Benjamín
Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
benmar@atmosfera.unam.mx

Recientemente, fuimos testigos de un gran aumento de la temperatura de la superficie del mar (TSM) durante 2023, con una TSM mensual de octubre que superó los 30 °C en algunas áreas de los océanos del mundo. Durante octubre de 2023, una anomalía mensual positiva de la TSM cubrió gran parte de las aguas del Pacífico tropical mexicano (PTM). El 17 de octubre, una depresión tropical comenzó a desarrollarse, convirtiéndose en la tormenta tropical Otis el 22 de octubre. Un día y medio después, el 24 de octubre, Otis alcanzó la categoría de huracán 1. Dieciocho horas después, el 25 de octubre, Otis tocó tierra cerca de Acapulco como huracán categoría 5, convirtiéndose en el primer huracán categoría 5 en tocar tierra en la costa del PTM. La intensificación extrema de Otis sólo es comparable con la de Patricia, otro huracán de gran magnitud que tocó tierra en la costa del estado de Jalisco el 23 de octubre de 2015. En octubre de 1997, Paulina, otro huracán de gran magnitud, alcanzó dos veces su fuerza máxima (categoría 4, los días 7 y 8 de octubre), tocando tierra en las costas del estado de Oaxaca el 9 de octubre. Estos huracanes sucedieron en octubre de años en los que ocurrieron los Niños más intensos registrados y podrían compartir algunas características. Un elemento clave para la formación de un huracán es la presencia de aguas cálidas, condición cumplida en octubre de los Niños de 2023, 2015 y 1997 en la mayor parte del PTM.

La TSM mensual del PTM aumentó significativamente de 1982 a 2022. Un análisis de los campos diarios de TSM revela un aumento sostenido de la temperatura y una aparente reducción en la variabilidad de alta frecuencia de la TSM. Los aumentos de la TSM en esta región la convierten en una zona potencial de intensificación de huracanes, como ocurrió con Otis, Patricia y Paulina, si su contenido de energía calorífica es alto, lo que depende, en gran parte, de qué tan profunda y cálida sea la capa de mezcla superficial (CMS) del océano. Una explicación posible para la disminución de la variabilidad de la TSM es que el grosor de la CMS se esté incrementando. En este estudio, develamos cambios en la estructura térmica de las capas superiores del PTM y analizamos su relación con El Niño-Oscilación del Sur y el cambio de la TSM de largo plazo. Identificamos regiones en las que el espesor de la CMS está aumentando y a su vez la variabilidad de alta frecuencia de la TSM está disminuyendo. Nuestros resultados muestran que el incremento de la TSM de largo plazo, sumado al aporte de aguas cálidas en las capas sub-superficiales ocurrido en Niños intensos explica en gran medida la gran disponibilidad de energía de esos años en particular. Las implicaciones son enormes ya que las anomalías positivas extremas de la TSM y el aumento del espesor de la CMS son condiciones oceánicas óptimas para el desarrollo e intensificación de huracanes.

CCA-38

CARACTERIZACIÓN DEL REPRESAMIENTO DE LOS VIENTOS DE NORTES EN EL GOLFO DE MÉXICO

Osorio-Tai Ma. Elena¹ y Zavala-Hidalgo Jorge²

¹Facultad de Ingeniería, UNAM
²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
tai@atmosfera.unam.mx

En un estudio previo se mostró que la interacción de los vientos asociados a los nortes con la Sierra Madre Oriental se intensifican. Sin embargo no se ha determinado qué fracción de estos eventos se ve afectado y en qué medida. Tampoco se ha analizado la extensión de la región afectada. En este estudio, a partir de datos del reanálisis de ERA 5 y observaciones de boyas se hace una caracterización del represamiento de los vientos asociados a nortes para el periodo 1977-2020.

CCA-39

DIAGNÓSTICO E IDENTIFICACIÓN DE ZONAS COSTERAS PROPENSAS A LA FORMACIÓN DE NIEBLAS

Montano González Alberto¹, Brito Castillo Luis² y Tereshchenko Irina¹

¹Universidad de Guadalajara
²Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste
alberto.montano3086@alumnos.udg.mx

La captación de agua atmosférica en México, puede ser una alternativa viable para mitigar la escasez del agua, especialmente en Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa, donde los climas son secos y semi áridos, y la única fuente de agua permanente proviene de los acuíferos. El agua atmosférica es obtenida desde las nieblas, que son una colección de gotitas de agua suspendidas o cristales de hielo cerca de la superficie terrestre. En México los estudios sobre la captación de nieblas son muy escasos, y en un primer paso se deben realizar estudios para identificar las zonas más propensas a la cosecha de nieblas. A partir de datos de humedad relativa, intensidad y dirección del viento obtenidos de las estaciones meteorológicas automáticas (EMAs) del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y de la red de estaciones meteorológicas del Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Sonora (CESAVESON), analizaremos el alto contenido de humedad en el ambiente por arriba del 80% y el viento soplando en dirección hacia zonas costeras como indicadores para el desarrollo de bancos de niebla advectiva en zonas específicas del noroeste. Los datos se contrastarán con imágenes de satélite y fotografías de los sitios, para identificar las zonas más propensas a la formación de nieblas, conocimiento que permita en una etapa posterior, aportar conocimiento que ayude a la mitigación de la escasez del agua para el uso agrícola o cotidiano en México.

CCA-40

CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA BRUMA EN EL ÁREA METROPOLITANA DE GUADALAJARA, UNA EVALUACIÓN DE SU IMPACTO EN LA CALIDAD DEL AIRE

Pérez Senra Alvaro
Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara
alvaro.perez0225@alumnos.udg.mx

La bruma, una niebla ligera que reduce la visibilidad, se forma en condiciones de alta humedad y temperaturas cercanas al punto de rocío, y puede aumentar la contaminación atmosférica al retener partículas. La investigación parte de la hipótesis de que la bruma en Guadalajara está relacionada con un aumento en los niveles de contaminantes, lo que afecta la salud pública. El objetivo principal es caracterizar y analizar la bruma en el AMG y evaluar su impacto en la calidad del aire. Esto se logrará mediante la recopilación de datos meteorológicos, mediciones de contaminantes y análisis estadísticos. Los objetivos específicos incluyen la caracterización de la bruma, evaluación de la calidad del aire durante episodios de bruma, análisis de la correlación entre la bruma y los niveles de contaminantes, y la identificación de patrones estacionales. La metodología empleada incluye el análisis

de radio sondeos y datos históricos de 2011 a 2020, determinando el espesor de la capa de inversión térmica y su variación mensual y anual. El estudio proporciona una comprensión detallada de las condiciones atmosféricas y factores ambientales que contribuyen a la formación de la bruma y su impacto en la calidad del aire. Los resultados pueden ser útiles para la gestión ambiental y la salud pública, ayudando a diseñar estrategias de mitigación de la contaminación y estableciendo medidas preventivas durante episodios de bruma.

CCA-41

INFLUENCIA DE LA NUBOSIDAD BAJA EN EL BALANCE RADIATIVO SOBRE EL PACIFICO NORESTE

Dominguez Pérez Carlos Alejandro y Soltero Rosales Daniela

Universidad Autónoma de Baja California

carlos.dominguez14@uabc.edu.mx

La relación entre la nubosidad y el balance radiativo es compleja e influye en la cantidad de energía que llega a la superficie. El presente trabajo analiza las modificaciones ocasionadas por la nubosidad baja en el balance radiativo en la región del Pacífico Noreste durante el primer semestre del 2023. Para tal propósito se calcularon promedios mensuales de radiación de onda corta, onda larga, cobertura nubosa, y razón de mezcla con datos del reanálisis ERA5. Los resultados indican que la nubosidad baja refleja el 50% de la radiación de onda corta incidente y absorbe 90 % de onda larga emitida desde la superficie. Adicionalmente, podemos observar que la nubosidad baja se encuentra modulada por la posición del sistema de alta presión en el periodo de abril-junio. Finalmente se observó que las zonas con una alta presencia de nubes bajas experimentan una amplitud térmica hasta 10 grados menor en comparación con las áreas despejadas de la misma región.

CCA-42

RESPUESTA HIDROLÓGICA AL CAMBIO DE USO DE SUELO EN LA REGIÓN HIDROLÓGICA XII MEDIANTE MODELACIÓN HIDROLÓGICA

Santiago Ayala Víctor Hugo¹, Corrales Suastegui Arturo², Ávalos Cueva David¹, Galaviz González José Roberto¹ y Limón Covarrubias Pedro¹¹ Universidad de Guadalajara² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP

victor.santiago3085@alumnos.udg.mx

La cuenca Lerma-Santiago, ubicada en el centro de México, despierta un interés significativo debido a su importancia demográfica y su papel crucial en el suministro de agua en diferentes sectores. Además, esta cruza por ocho de los estados de la república Mexicana, Aguascalientes, México, Michoacán, Querétaro, Guanajuato, Jalisco, Zacatecas y Nayarit, los cuales contienen algunas de las zonas más importantes de actividad agropecuaria. El principal objetivo de este estudio es comprender en como los cambios de uso de suelo afectan el flujo de agua y disponibilidad de recursos hídricos en esta cuenca mediante un acoplamiento entre simulaciones hidrológicas con el software Soil and Water Assessment Tools (SWAT) y el modelo Climático Regional de ICTP (RegCM4). El modelo RegCM4 proporcionó las entradas en el modelo hidrológico SWAT para las variables de precipitación y temperatura, con periodo de análisis de 1997-2008, tomando como spinup el año 1996. Las entradas de uso y tipo de suelo fueron obtenidas de la base de datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en las series I y V del continuo nacional. De esta misma base de datos se obtuvo el modelo de elevación digital con resolución 60 m del continuo nacional. Para la calibración (1997-2001) y validación (2002-2008) del estudio hidrológico, fueron utilizadas la base de datos de estaciones hidrométricas de la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA), en el mismo periodo 1997-2008. En complemento fueron comparados los datos de observación con la base de datos de reanálisis GloFAS en su equivalente de puntos de aforo, para de esta manera proponer una metodología en cuencas con falta de base de datos. Para evaluar la respuesta hidrológica al cambio de uso de suelo se utilizarán, como entradas de SWAT, la temperatura máxima, mínima y precipitación diaria que resultaron de cinco simulaciones idealizadas de cambio de uso de suelo sobre México mediante el modelo RegCM4 para un periodo de 12 años (1997-2008). Las simulaciones de RegCM4 consistieron en: (i) Simulación de control (CTL) con la vegetación prescrita en el modelo de acuerdo con el modelo de superficie terrestre CLM4.5. (ii) Experimento (VGE1), consistió en reemplazar todos los árboles por pastizales. (iii) Experimento (VGE2), consistió en reemplazar todos los árboles por suelo desnudo (no vegetación). (iv) Experimento (VGE3), consistió en reemplazar todos los pastizales por árboles y (v). Experimento (VGE4), consistió en reemplazar arbustos por árboles. En este trabajo, se compararon los caudales de escurrimientos superficiales simulados por SWAT utilizando datos meteorológicos a partir de ERA5 y de los que resultaron de las simulaciones CTL y VGE1 de RegCM4. Los resultados preliminares de nuestro estudio sugieren que el cambio de uso de suelo, específicamente debido a la deforestación en México, tiene un impacto significativo en la escorrentía de agua. La deforestación de árboles a pastizales podría provocar un aumento en el caudal de la cuenca debido a un aumento en la precipitación sobre la región de estudio, no obstante, en otros puntos de la cuenca el caudal podría disminuir.

CCA-43

EMISIONES DE DIÓXIDO DE AZUFRE Y DIÓXIDO DE NITRÓGENO A LA ATMÓSFERA POR LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA ADOLFO LÓPEZ MATEOS, TUXPAN, VERACRUZ, MÉXICO, MEDIANTE ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ÓPTICA DIFERENCIAL

Rivera Cárdenas Claudia Inés¹, Barrera Huertas Hugo Alberto² y Trueba Vázquez Miroslava²¹ Universidad Nacional Autónoma de México² Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional

riveraclau@gmail.com

En esta investigación se utilizó la Espectroscopia de Absorción Óptica Diferencial (DOAS) para cuantificar las emisiones de dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno emitidas a la atmósfera por la central termoeléctrica Adolfo López Mateos, ubicada en Tuxpan, Veracruz, México. Esta central termoeléctrica fue inaugurada el 30 de junio de 1991, cuenta con seis generadores con capacidad para producir 2,100 mega watts de energía eléctrica, además es el mayor generador de energía del país utilizando combustóleo. Las emisiones a la atmósfera fueron cuantificadas entre 2022 y 2024, y los resultados preliminares muestran mayores emisiones de dióxido de azufre que de dióxido de nitrógeno. En este trabajo presentamos resultados detallados de las emisiones a la atmósfera de esta central termoeléctrica.

CCA-44

VARIABILIDAD DE LAS EMISIONES DE NO₂ Y SO₂ EN EL COMPLEJO INDUSTRIAL DE TULA DE ALLENDE, ESTADO DE HIDALGO

González Rivero Rosa Amalia¹ y Rivera Cárdenas Claudia Inés²¹ Universidad Nacional Autónoma de México² Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

roagrivero@gmail.com

Las centrales termoeléctricas y las refinerías de petróleo contribuyen significativamente a la contaminación atmosférica. En este trabajo se cuantificó los flujos de emisión de NO₂ y SO₂ generados por las Centrales Termoeléctricas Francisco Pérez Ríos y Ciclo Combinado y la Refinería Miguel Hidalgo localizadas en Tula de Allende, Estado de Hidalgo. Las campañas de medición se realizaron durante los años 2022, 2023 y 2024 y se analizó la variabilidad de los resultados obtenidos. Las mediciones fueron realizadas mediante un instrumento móvil mini-DOAS. Para calcular las emisiones de ambos contaminantes criterio se utilizaron perfiles verticales de velocidad y dirección del viento obtenidos del sitio web Air Resources Laboratory. Para llevar a cabo las mediciones, así como para realizar la evaluación de los espectros registrados se utilizó el software Mobile DOAS. El promedio de los flujos de emisión de NO₂ calculados para los tres años fueron 3794.46 ton/año para el 2022, 3272.41 ton/año en 2023 y 4615.98 ton/año para el 2024. Los flujos de emisión de SO₂ fueron 98 669.18, 104 080.34 y 203 103 ton/año para 2022, 2023 y 2024 respectivamente.

CCA-45

EXPOSICIÓN A CONTAMINANTES EN CICLOVÍAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Peralta Oscar y Ávila Mariana

Universidad Nacional Autónoma de México

oscar@atmosfera.unam.mx

En todo el mundo la exposición a la contaminación del aire es un problema de salud pública asociada con diversos efectos en la salud, incluidas enfermedades cardiovasculares, respiratorias, cáncer, complicaciones de embarazo, etcétera. La exposición a la contaminación del aire puede considerarse como una función de la concentración de contaminantes en un microambiente y el tiempo que pasan las personas en ese lugar. Se suele medir la concentración de contaminantes en estaciones de monitoreo y con esa información evaluar la calidad del aire del ambiente. Muchas de las emisiones contaminantes provienen de vehículos automotores que contribuyen generalmente con más de 80% de la contaminación del aire en ciertos microambientes. Y en muy pocas ocasiones las estaciones de monitoreo de contaminantes se encuentran sobre calles y avenidas, por lo que es probable que los viajeros (conductores, ciclistas, peatones, etcétera) se expongan a niveles de contaminantes más altos que los que indican las estaciones de monitoreo de calidad del aire, por estar más cerca de las fuentes de emisión. Este estudio ha medido algunos contaminantes directamente en calle y los ha comparado con los registros que hacen las estaciones de monitoreo cercanas a los puntos de medición. Además, ha evaluado algunas vías ciclistas de la Ciudad de México en términos de exposición a contaminantes atmosféricos.

CCA-46

ISÓTOPOS ESTABLES Y RADIOCARBONO COMO TRAZADORES DE FUENTES DE CO₂

Villarreal Brito Mariela¹, Beramendi Orosco Laura Eugenia², Cienfuegos Alvarado Edith², Otero Francisco Javier² y González Hernández Galia³

¹Posgrado en Ciencias Químicas, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

³Instituto de Geofísica, UNAM

g3_villa15@ens.cnyn.unam.mx

El monitoreo del 14C en el CO₂ atmosférico es crucial para rastrear y cuantificar el impacto del CO₂ antropogénico. Sin embargo, la dinámica del 14C en la Ciudad de México es compleja debido a la diversidad de fuentes emisoras. En algunas áreas, se han registrado concentraciones de 14C superiores a las esperadas, sugiriendo la presencia de fuentes no fósiles significativas, por lo que el uso exclusivo del 14C como trazador tiene limitaciones, y por ello se propuso complementarlo con isótopos estables del CO₂. Así, el presente trabajo se centra en el estudio de la composición isotópica (Delta13C, Delta18O y 14C) del CO₂ para identificar las fuentes emisoras en la Ciudad de México. Para esto se realiza un monitoreo quincenal, lo cual ha permitido observar las variaciones interanuales en la composición isotópica, sobre todo las diferencias entre las temporadas seca y húmeda. Además, como base de este estudio, se identificó la firma isotópica de la quema de combustibles fósiles, la quema de biomasa y la respiración de suelos, cuyos valores isotópicos ayudarán en la estimación de las fuentes emisoras, y se podrá conocer si las emisiones biogénicas y antropogénicas están subestimadas de acuerdo a estudios previos.

CCA-47 CARTEL

ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN DE ENSO CON LOS CICLONES TROPICALES EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Rojas Valencia Aileen¹, Andrade Velázquez Mercedes² y Montero Martínez Martín José³

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

²CONAHCYT-Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad, A.C., CONAHCYT-CCGS

³Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA

rojas.valencia.aileen@gmail.com

El presente trabajo es un análisis histórico en el periodo de 1997-2022 sobre los ciclones tropicales obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional en la Península de Yucatán, México para determinar la correlación entre El Niño Oscilación del Sur y los ciclones tropicales en la Península de Yucatán, México. Se realizó una extensa revisión bibliográfica de estudios sobre ciclones tropicales en el Océano Atlántico y El Niño Oscilación del Sur. A partir de esto, se desarrolló el análisis estadístico mediante la correlación de Pearson. Posteriormente, se determinó la frecuencia de sistemas por su tipo de categoría del ciclón tropical, para cada estado en la Península de Yucatán, como los que impactaron en continente. Se utilizó el Índice Oceánico de El Niño, generado por la Administración Nacional Atmosférica y Oceánica, donde se muestra el comportamiento de este fenómeno durante el periodo 1997-2022. Los resultados muestran que la presencia de ciclones tropicales en las cercanías de la Península de Yucatán es mayor en la fase de La Niña, y son prácticamente ausentes, en la fase de El Niño. Este resultado también se determinó mediante la correlación de Pearson.

CCA-48 CARTEL

LABORATORIO NACIONAL DE CONAHCYT SOBRE ATMÓSFERA Y CLIMA

Andrade Velázquez Mercedes, Martínez Arroyo María Amparo, Montero Martínez Martín José, Álvarez Sánchez Francisco Javier, Peralta Carreta Candelario, Ordoñez Sánchez Alejandro, Rodríguez Torres Sergio, Meza Figueroa Diana, Vázquez Felipe Adrian y González Liano Marbella I.

CONAHCYT-Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad, CONAHCYT-CCGS

mercedes.andrade@cogs.mx

El Laboratorio Nacional de Conahcyt sobre Atmósfera y Clima (LaNCAC), fue creado en 2023 por el Instituto de Ciencia de la Atmósfera y Cambio Climático (ICAYCC) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en colaboración con tres instituciones asociadas, la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), la Universidad de Sonora (UNISON) y el Centro de Cambio Global y la Sustentabilidad (CCGS), éste último ubicado en Villahermosa, Tabasco. El objetivo principal del LaNCAC es "potenciar las capacidades interinstitucionales para la generación colaborativa de conocimiento, articulación de infraestructura analítica y el monitoreo ambiental, fomentando una cultura de reducción de riesgos socioambientales relacionados con la atmósfera y el clima, vinculando el conocimiento de las causas e impactos del cambio climático y la contaminación atmosférica con acciones comunitarias integrales de largo alcance, en diversas regiones del país". Para lograrlo se realizarán las siguientes acciones: -Propiciar, a través de un núcleo inicial de instituciones, un acercamiento académico y operacional, entre los pocos grupos que estudian la atmósfera y el clima en el país; -Generar buenas prácticas comunes de monitoreo atmosférico y modelación de la calidad del aire, identificar las fuentes de contaminantes y su dinámica y apoyar a las autoridades correspondientes a la expedición o actualización de la normativa o las políticas requeridas. -Realizar estudios colaborativos sobre los impactos identificables del cambio climático en las entidades con presencia del LaNCAC, construir y discutir con la población

los posibles escenarios para su localidad y región generando alternativas viables para los diferentes sectores de actividad. -Identificar los principales problemas de salud, económicos y de deterioro de la calidad de vida humana y natural, relacionados con eventos climáticos y atmosféricos en las ciudades sede del LaNCAC, encontrando con las comunidades locales las medidas para mitigarlas. -Generar campañas de comunicación sobre los contaminantes más dañinos para la salud humana, y los ecosistemas tanto en macro como en microambientes públicos y alternativas de corto y largo plazos. -Impulsar la innovación metodológica y tecnológica con estrategias propias, para el monitoreo, análisis y modelación en los temas desarrollados conjuntamente en el LaNCAC. Es por ello, que se pretende participar en la Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana 2024, para dar a conocer el laboratorio entre los colegas de las áreas del conocimiento de Ciencias de la Tierra y afines. De tal manera que se pueda posicionar en las agendas de colaboración interdisciplinaria de investigación a nivel nacional.

CCA-49 CARTEL

DETECCIÓN DE CARBONO NEGRO EN HOJAS DE ÁRBOLES DENTRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Sánchez Valencia Verónica¹ y Peralta Rosales Óscar Augusto²

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

verosanchez18@ciencias.unam.mx

La combustión incompleta de la quema de combustibles da origen al carbono negro y otros compuestos dañinos para la salud humana que representan un gran porcentaje en la contaminación por aerosoles, los que precipitan o se transportan en la atmósfera. Para medir la tasa de precipitación los aerosoles se recolectó material particulado, se analizó el contenido de carbono elemental, orgánico y total de hojas de árboles en parques urbanos de la Ciudad de México. El estudio tuvo como fin identificar las zonas más afectadas por quema de combustibles, así como el tipo de vehículos que probablemente emitieron esos contaminantes.

CCA-50 CARTEL

BALANCE DE EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO: UN ESTUDIO DE CASO PARA LA ZONA UNIVERSITARIA DE LA CIUDAD DE XALAPA, VERACRUZ

Hernández Enriquez Jazive y Welsh Rodríguez Carlos Manuel

Centro de Ciencias de la Tierra, CCT

jazihdez04@gmail.com

En este estudio se aborda la relación entre la emisión y captura de dióxido de carbono en la zona universitaria de Xalapa, Veracruz, con el objetivo de evaluar el almacenamiento y secuestro de carbono en árboles. La ciudad ha sufrido un crecimiento urbano desordenado, lo que ha reducido sus áreas naturales y aumentado las emisiones de CO₂ debido a la deforestación y el uso de combustibles fósiles. En respuesta a la obligación de formular planes de desarrollo sostenible en Veracruz, este estudio busca contribuir a la mitigación del cambio climático y alinear los resultados con las acciones climáticas. La metodología se divide en cuatro fases: 1) descripción del área de estudio, 2) estimación del carbono capturado utilizando el modelo UFORE, 3) cálculo del CO₂ emitido por fuentes estacionarias, y 4) análisis de la relación emisión-captura. En una de las áreas de estudio, se identificaron cuatro especies forestales, entre las cuales el liquidámbur styraciflua y araucaria heterophylla destacaron por su mayor capacidad de almacenamiento y secuestro de carbono, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas, el análisis también reveló una correlación negativa entre la exposición de la copa a la luz y el secuestro de carbono que arroja un valor de Rho = -0.439, lo que sugiere que una exposición excesiva puede reducir la capacidad de captura. Se espera confirmar una baja relación de emisión-captura en la zona universitaria de Xalapa, lo que resalta la necesidad de estrategias efectivas para mejorar la captura de carbono y mitigar el impacto ambiental.

CCA-51 CARTEL

ESTUDIO DE LA RADIACIÓN SOLAR COMO PREDICTOR DE LA FORMACIÓN Y PRONÓSTICO DEL OZONO TROPOSFÉRICO PARA EL SUR DE LA CDMX

Gay y García Carlos, Mondragón-Rodríguez Román
Damián y Sánchez-Meneses Oscar Casimiro

Universidad Nacional Autónoma de México

cgay@unam.mx

El ozono estratosférico es un gas que está presente de forma natural en la atmósfera. En grandes ciudades como la Ciudad de México, el ozono troposférico puede formarse en altas concentraciones debido a la reacción fotoquímica entre la radiación solar y contaminantes precursores de su formación, como el material particulado (PM₁₀, PM_{2.5}), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), óxido nítrico (NO), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de carbono (CO₂) y compuestos orgánicos volátiles (COVs). Además, parámetros meteorológicos como la temperatura del aire (TA), la humedad relativa (HR), y la dirección y velocidad del viento (DV y VV) también influyen en esta formación. Por lo tanto, es evidente que el ozono es un contaminante ambiental que puede ocasionar graves daños a la salud de la población. Estudios relevantes realizados por Drashti Kapadia y

Namrata Jariwala (2021), para la Ciudad de Surat en la India, han demostrado que los contaminantes del aire, NO₂, SO₂ y CO₂, además de los parámetros meteorológicos, temperatura del aire, humedad relativa, la radiación solar y la hora del día, contribuyen más a la formación de ozono que otros contaminantes y parámetros, destacando por su contribución la radiación solar. Se investiga en el presente estudio, qué componente de la radiación solar (global, directa o difusa) influye más en la formación de ozono, utilizando las variables analizadas por Kapadia, excepto el CO₂, mediante el desarrollo de una red neuronal artificial y establecer un modelo predictivo del ozono. Los datos solarimétricos se obtuvieron del Observatorio de Radiación Solar del Instituto de Geofísica de la UNAM, y los datos sobre contaminantes y variables meteorológicas fueron recopilados por el Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México (SIMAT), este sistema no registra el CO₂ por lo cual se incluye un ensayo usando la concentración de CO como predictor adicional.

CCA-52 CARTEL

COMPONENTES PRINCIPALES DE DATOS DE EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL SUR-SURESTE DE MÉXICO

Mendoza Aguilar Brenda Yutziny¹, Carbajal Noel¹ y Pineda Martínez Luis Felipe²

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

²Universidad Autónoma de Zacatecas

brenda.mendoza@ipicyt.edu.mx

Las regiones del Sur de México y Norte de Centroamérica, situadas entre el Golfo de México, el Mar Caribe y el Golfo de Tehuantepec, presentan características geográficas complejas, que incluyen planicies costeras y elevadas barreras montañosas. Además, exhiben una vegetación abundante y variada, que abarca pastizales, selvas y bosques, características que favorecen el proceso de Evapotranspiración (ET). En este trabajo, se aplicó el análisis de componentes principales para estudiar la variación espacio-temporal de la evapotranspiración (ET), mediante el uso de valores medios mensuales y anomalías mensuales de veinte años (2002-2021) de datos satelitales de ET del sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS). Se encontró la presencia de patrones estacionales, regidos principalmente por los ciclos de desarrollo de la vegetación. Asimismo, se analizó la relación de los componentes principales con diferentes índices climáticos como el Índice de la Oscilación del Sur (SOI), Índice de El Niño Oceánico (ONI) y el Índice Multivariado ENOS (MEI). También se estudió su relación con diferentes variables climatológicas, entre ellas la precipitación (P), la temperatura (T), Radiación de onda corta (Rs), ya que estas variables interactúan de manera compleja para influir en la evolución de la evapotranspiración en la región, siendo crucial comprender su dinámica para una gestión efectiva de los recursos hídricos y la agricultura en la región.

CCA-53 CARTEL

EVALUACIÓN DE CONJUNTOS DE DATOS DE PRECIPITACIÓN EN MALLA EN TERRENOS MONTAÑOSOS DEL NOROESTE DE MÉXICO

De la Fraga Pasquinel¹, Del-Toro-Guerrero Francisco José², Vivoni Enrique R.^{3,4}, Cavazos Tereza⁵ y Kretschmar Thomas¹

¹División de Ciencias de la Tierra, CICESE

²Instituto de Ingeniería, UABC

³Center for Hydrologic Innovations, Arizona State University

⁴School of Sustainable Engineering and the Built Environment, Arizona State University

⁵Departamento de Oceanografía Física, CICESE

delafraga@cicese.edu.mx

Adquirir datos de precipitación de alta resolución en regiones con una cobertura limitada de pluviómetros convencionales plantea importantes retos. Los conjuntos de datos de precipitación en malla ofrecen una solución potencial, pero su fiabilidad en zonas con terrenos complejos y patrones de precipitación intrincados sigue siendo incierta. En este estudio, evaluamos exhaustivamente el desempeño de cuatro conjuntos de datos, cada uno de los cuales pertenece a una categoría diferente: uno basado en mediciones terrestres (Daymet), otro que utiliza observaciones por satélite (CHIRPS), y dos basados en datos de reanálisis (AORC y ERA5). La evaluación se llevó a cabo a escalas temporales diaria, mensual y estacional, analizando además la capacidad para detectar precipitaciones extremas, la influencia de la elevación y el promedio espacial entre varias cuencas hidroclógicas. Se utilizaron como referencia los datos de una red independiente de pluviómetros desplegados en la Sierra Madre Oriental durante el proyecto North American Monsoon Experiment Event Rain Gauge Network (NERN) entre 2002 y 2004. Los resultados indicaron que Daymet y AORC son los conjuntos de datos más exactos para las escalas temporales diaria y mensual, respectivamente. Todos los conjuntos de datos muestran una mejora en exactitud con el incremento de la escala temporal, aunque enfrentan dificultades durante los meses húmedos del monzón de verano y en eventos extremos, con Daymet mostrando un rendimiento relativamente superior. La elevación del terreno tuvo un impacto mínimo en el desempeño general de los conjuntos de datos, aunque se observó una ligera mejora en la detección de las precipitaciones a medida que aumenta la altitud. Este estudio proporciona información valiosa sobre las fortalezas y limitaciones de los conjuntos de datos de precipitación en malla en regiones con terrenos complejos y precipitaciones convectivas forzadas orográficamente, ofreciendo resultados útiles para estudios climáticos e hidroclógicos en contextos similares.

CCA-54 CARTEL

RIESGO POR EVENTOS DE TORNADOS MÚLTIPLES EN EL CENTRO DE MÉXICO

Monterde Daniela¹, Pineda Martínez Luis Felipe², León Cruz José Francisco³ y Carbajal Noel¹

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

²Universidad Autónoma de Zacatecas

³Universidad Nacional Autónoma de México

daniela.monterde@ipicyt.edu.mx

Los tornados se consideran una de las manifestaciones más extremas del tiempo severo. Los tornados regularmente se dividen en dos tipos: supercelda, asociados a sistemas de tormenta en rotación y no-supercelda. Este segundo tipo de eventos, suelen ser los que más se documentan en México. Relacionados a los tornados no-supercelda, en México, se han evidenciado casos de familias de tornados, principalmente, en el centro del país: Puebla, Tlaxcala, y Edo. de México. Estos tornados múltiples, se generan a lo largo de líneas cortantes de viento producto del choque entre dos o más masas de aire. Investigaciones recientes sugieren que la orografía juega un papel significativo en la generación de vorticalidad por cizalladura de niveles bajos, lo que facilita su aparición. En el centro del país, este tipo de sistemas se han observado en la proximidad de zonas densamente pobladas lo que incrementa el riesgo de la población a sufrir afectaciones. En este trabajo se hace una recopilación de información de casos de tornados múltiples en la región central del país, además se hace un análisis a través de imágenes de satélite y simulaciones numéricas de algunas de sus características meteorológicas más importantes. Finalmente, con ayuda de los índices de marginación de la CONAPO y análisis de la densidad poblacional del INEGI, se establecen algunas aproximaciones de la vulnerabilidad y exposición de la población ante este tipo de eventos. Los resultados de la investigación buscan establecer escenarios de riesgo basados en el análisis de la amenaza que representan los tornados en esta porción del territorio nacional y generar información que sea de utilidad para la población y los sistemas de protección civil.

CCA-55 CARTEL

MODELACIÓN NUMÉRICA DEL HURACÁN OTIS QUE IMPACTÓ SOBRE ACAPULCO

Martínez Reyna María de Jesús¹, Monterde Gutiérrez Daniela Irais², Pineda Martínez Luis Felipe³ y Carbajal Noel²

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí

²Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

³Universidad Autónoma de Zacatecas

mariadejesusmartinezreyna89@gmail.com

Los Ciclones Tropicales (CT) tienen su origen sobre aguas tropicales-subtropicales, y se manifiestan como un sistema giratorio organizado por nubes y tormentas, con un centro de baja presión. Los Ciclones Tropicales (CT) son uno de los fenómenos meteorológicos más destructivos y violentos existentes. Por su ubicación geográfica, México experimenta anualmente la incidencia o interacción de varios CT, incluidos históricamente algunos muy destructivos, uno de ellos fue el CT Otis, clasificado como la perturbación número 18 en el Océano Pacífico. El CT Otis se desarrolla, intensifica hasta categoría 5 según la escala Saffir Simpson e impacta la ciudad de Acapulco, Guerrero el 25 de octubre del 2023 causando severos daños y fatalidades. El CT Otis fue extraordinario por su rápido crecimiento en la escala de Saffir-Simpson en aguas costeras de México. Los resultados de la simulación numérica del CT Otis revelan la manera en que el CT se fue intensificando al acercarse a la costa en un medio con alta presencia de humedad específica a lo largo de su trayectoria representando una fuente muy grande de alimentación de vapor de agua. La dinámica revela también la manera en que máximos de humedad específica surgen a lo largo de las líneas de flujo convergiendo en el centro de la espiral del CT. La distribución de valores absolutos de velocidad y de energía cinética describen las zonas de mayor intensidad del viento y la forma en que se intensifica la energía del sistema.

CCA-56 CARTEL

EFFECTOS DEL USO DE SUELO EN LA TEMPERATURA DURANTE LA ÉPOCA DE CALOR

Vázquez Gustavo¹, Cano Berenice² y Magaña Víctor¹

¹Instituto de Geografía, UNAM

²Facultad de Ciencias, UNAM

gvc@unam.mx

Las características del uso de suelo son determinantes en las temperaturas máximas alcanzadas. Una superficie de asfalto alcanza mayores temperaturas del suelo que una cubierta con vegetación. Sin embargo, es necesario considerar otros procesos para hablar de la temperatura del aire a 2 metros, a la cual se hace referencia para hablar de tiempo y clima. La advección de calor por ejemplo, puede adquirir importancia cuando se trata de establecer la temperatura del aire en algún punto de la ciudad. Durante la primavera 2024 se realizaron algunas mediciones para contrastar la temperatura del suelo y del aire bajo diferentes usos de suelo. En la Ciudad Universitaria, CDMX, se realizaron mediciones de temperatura del suelo, del aire y se realizaron radiosondeos y perfiles de temperatura en capa límite para contrastar el efecto que el uso de suelo tiene. En una zona relativamente pequeña,

los contrastes en una región con vegetación y sin ella pueden ser de hasta 8 °C cuando se trata de la temperatura del suelo y de 3 a 4 °C en el caso de la temperatura del aire, bajo condiciones de viento en calma. La temperatura del aire a 2 m cerca de una avenida transitada pueden ser mayores hasta 2 °C que cuando se mide a una altura de 10 m, sugiriendo que el calor generado por los automóviles puede representar una contribución importante a la temperatura que sienten los peatones a nivel de calle. El efecto del calor de superficie incrementado en usos de suelo con poca vegetación parece disminuir rápidamente después de los 10 m de altura. Resultados similares se obtuvieron para mediciones realizadas en la ciudad de San Luis Potosí. Estos resultados podrían ayudar a planear procesos de reforestación.

CCA-57 CARTEL

VARIABILIDAD ESTACIONAL Y MODULADORES DE LA ISLA DE CALOR URBANA SUPERFICIAL Y LA PROFUNDIDAD ÓPTICA DE AEROSOL EN CIUDADES TROPICALES

Pereyra-Castro Karla¹, Méndez-Astudillo Jorge²,
Hernández-Parra Raquel Elisa¹ y Caetano Ernesto³

¹Licenciatura en Ciencias Atmosféricas, Universidad Veracruzana

²Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM

³Instituto de Geografía, UNAM

karpereyra@gmail.com

La urbanización provoca cambios en el uso del suelo, contaminación atmosférica y una mayor concentración de habitantes en las ciudades. Uno de los efectos de la urbanización es la Isla de Calor Urbana Superficial (SUHI, por sus siglas en inglés) que ocurre cuando la temperatura de la superficie de una zona urbana es superior a la de las zonas rurales cercanas. En este estudio se evaluaron las condiciones de SUHI y AOD (Profundidad Óptica de los Aerosoles, por sus siglas en inglés) durante 2015 y 2017 en sus estaciones húmeda y seca para las siguientes ciudades tropicales de México (con latitud aproximada a 19° N): Toluca, Puebla, Xalapa, Veracruz y Mérida, con la finalidad de analizar el efecto de los factores climáticos tropicales. Se utilizaron datos de LANDSAT8 y MODIS en Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) de zonas urbanas y zonas rurales para cada ciudad. Los resultados muestran que la intensidad de la SUHI y la diferencia de AOD entre las zonas tropicales urbanas y rurales dependen fuertemente de factores climáticos locales como la proximidad a masas de agua y el tipo de vegetación. Además, la diferencia de AOD entre las zonas urbanas y rurales mostró mayor variabilidad durante la estación húmeda, con la máxima variabilidad en Veracruz y Toluca (de 0.2 a 0.5). También se encontró que la SUHI es más intensa en regiones donde la cobertura de suelo transita de bosque o selva a zonas urbanas.

CCA-58 CARTEL

TENDENCIAS DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN EN MÉXICO DURANTE 57 AÑOS CON UNA BASE DE DATOS HOMOGENEIZADA

Becerra-Acosta Evi, Calvo Ana I. y Fraile Roberto

Departamento de Física, Universidad de León, ULE

evita.ba@gmail.com

Las series de observación son piezas de información muy importantes conocer los climas locales, regionales y su variabilidad, frecuentemente se ven afectados por cambios en las prácticas de observación, en la instrumentación o en el entorno del sitio, Guijarro et al. (2022). Esta investigación, con profundas implicaciones, se centró en analizar y ajustar los datos de temperatura mínima diaria (TN), temperatura máxima (TX) y precipitación diaria (P) en las seis regiones climáticas de México de 1961 a 2017. Utilizamos software como HOMER y CLIMATOL para asegurar la precisión de nuestros datos climáticos para filtrar las variaciones no climáticas, y las tendencias regionales. Es importante señalar que el uso de datos inconsistentes para los análisis de tendencias climáticas a largo plazo puede dar lugar a evaluaciones incorrectas del cambio climático regional. Por lo tanto, nuestro trabajo es vital para prevenir tales inexactitudes. Para ello los investigadores suelen utilizar métodos, estadísticos y estaciones con metadatos para identificar y ajustar cualquier inconsistencia. Cabe señalar que para el caso de México no existen metadatos. El objetivo es comparar dos métodos de homogeneización modernos, HOMER y CLIMATOL, con el conjunto de datos de reanálisis ERA5Land sobre México. Hemos aplicado estos métodos a un conjunto de datos del Servicio Meteorológico Nacional de México que consta de 470 estaciones para TX, 292 TN y 608 para series de P en México. Con los datos homogeneizados hemos aplicado la prueba de Mann-Kendall con el software R para calcular las tendencias anuales promedio de todas las estaciones en todas las regiones climáticas desde 1961 hasta 2017. Los resultados más importantes, muestran múltiples discontinuidades en las series, donde HOMER detectó 323, 183 y 124 estaciones en las series temporales mensuales TX, TN y P como no homogéneas, respectivamente. En consecuencia, el porcentaje de estaciones en las que se ha detectado alguna inhomogeneidad es del 69%, 62% y 20,4% para TX, TN y P, respectivamente. Este estudio presenta las tendencias anuales promedio de todas las estaciones en todas las regiones climáticas de 1961 a 2017. El estudio se ha realizado para cada región climática pero la tendencia promedio para todo el país es de 0,30 °C por década para TX, 0,08 °C por década para TN y para P, es de 8,3 mm por década para los datos homogeneizados producidos por HOMER. Las tendencias correspondientes según CLIMATOL son 0,8 °C para TX, 0,18 °C para TN y 5,1 mm por década para P.

CCA-59 CARTEL

CAMBIOS REGIONALES DE LA EVAPORACIÓN EN MÉXICO

Becerra-Acosta Evi¹, Calvo Ana I.¹, Cortes Jorge², Quintanar Arturo³ y Fraile Roberto¹

¹Departamento de Física, Universidad de León, ULE

²CONAHCYT-Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

³Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

evita.ba@gmail.com

Las tasas de evaporación son de gran importancia para la planificación de los recursos hídricos, el control del riego y la producción agrícola y forestal. Una variación en esas tasas podría provocar mayores cambios en otros parámetros climáticos. Basándose en las redes nacionales de Estados Unidos, con tanques de evaporación de tipo A, Cohen (2002) encontraron que las tasas de evaporación han cambiado durante los últimos años, con una tendencia a la disminución. También se analizó una red de evaporímetros en India por Chattopadhyay y Hulme (1997) en donde los hallazgos encontrados fueron disminuciones. Mediante estimaciones hechas con Penman, combinando el balance de radiación y la ecuación aerodinámica, China ha informado de una disminución de la evaporación potencial sobre la base de datos de 65 estaciones climáticas Thomas (2000). Los cambios climáticos globales, y en particular las disminuciones de la humedad relativa en la atmósfera han provocado aumentos en las tasas reales de evaporación. Aunque los hallazgos de estudios regionales coinciden con los estudios globales acerca de que el mundo ha estado experimentando una disminución constante en la evaporación de tanques tipo A, desde la segunda mitad del siglo XX, las causas de esta disminución han sido objeto de múltiples discusiones según Janovic et al. (2008) y constatando implicaciones para el ciclo hidrológico. El objetivo principal de este trabajo es explorar las tendencias observadas in situ en una región árida y otra de bosque tropical en México, para los datos de tanques de evaporación tipo A, con un total de 280 estaciones analizadas con datos diarios desde 1961 a 2017. Estas series temporales han sido homogeneizadas con los softwares CLIMATOL and RhTest. También se evaluarán cuatro variables meteorológicas fundamentales para su análisis temperatura del aire, velocidad y dirección del viento y radiación neta derivadas de productos de modelos meteorológicos.

CCA-60 CARTEL

ESTIMACIÓN DEL IMPACTO EN LA CALIDAD DEL AIRE DEBIDO A EMISIONES GENERADAS EN LAS OPERACIONES AEROPORTUARIAS EN EL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE MONTERREY

Jiménez Escalona José Carlos¹, Da Silva Rodrigo Florencio¹,

Cano Ricárdez Teresita² y González García Cuahutémoc Rafael²

¹ESIME Ticoman, IPN

²CECyT 19, IPN

jjimenez@ipn.mx

Un aeropuerto se define como el área en superficie destinada total o parcialmente a la llegada, salida, movimiento y maniobra de aeronaves. Una etapa fundamental para garantizar un vuelo seguro y eficiente es la estancia de la aeronave en plataforma de embarque y desembarque, es aquí, donde recibe diversos servicios, además de ser el punto, donde los pasajeros de llegada dejan la aeronave y los pasajeros de salida inician su vuelo. Para esto, se utilizan vehículos motorizados, que proporcionan servicios como carga de combustible, descarga y carga de maletas y su transporte desde o hacia el edificio terminal, drenado y suministro de servicio de agua de uso sanitario, servicio de limpieza y carga de alimentos, entre otros. También, para mantener activos los sistemas eléctricos y electrónicos, así como, los servicios de aire acondicionado y energía hidráulica, la aeronave, durante el tiempo, que los motores no están encendidos, utiliza una fuente auxiliar de energía, que puede ser su propia planta de potencia auxiliar (APU, por sus siglas en inglés) o un equipo de soporte en tierra (GSE, por sus siglas en inglés). Todos estos equipos de apoyo, que tanto suministran energía, como son destinados a la preparación de la aeronave, contribuyen a la emisión de contaminantes a la atmósfera, sumándose a los gases generados por los mismos motores de las aeronaves, una vez que, son puestos en funcionamiento. Los principales contaminantes que se generan por estas fuentes son: CO, CO₂, NO_x, SO₂, THC, VOC, TOG, PM₁₀. Estas emisiones hacia la atmósfera son transportadas y distribuidas, por efecto de los vientos locales teniendo un impacto importante en la calidad del aire en la zona circundante al aeropuerto. Por tal motivo, es necesario contar con un sistema de evaluación, que permita el monitoreo de dichas emisiones, con el propósito de generar medidas de control y mitigación de riesgos a la salud. Debido a lo anterior, la Administración de Aviación Federal (FAA) y la Agencia de Protección Ambiental (EPA) desarrollaron el Sistema de Modelado de Dispersión y Emisiones (EDMS), el cual permite estimar la cantidad de emisiones de un aeropuerto en un período de tiempo definido. Con esta información y con apoyo del acoplamiento del modelo de pluma gaussiana AEROMOD en el EDMS, se pueden obtener datos de la dispersión de estos contaminantes atmosféricos, en la zona circundante al aeropuerto. Con base en lo anterior, para este trabajo, se seleccionó el Aeropuerto Internacional de Monterrey y se utilizaron datos de dos períodos pico, que coinciden con los períodos vacacionales de verano (7 al 14 de julio de 2018) e invierno (24 al 31 de diciembre de 2018). El análisis de dispersión de contaminantes para el período de verano mostró una marcada tendencia hacia el suroeste del aeropuerto, alcanzando más de 15 km. Mientras que, para el período vacacional de invierno, el efecto de los débiles vientos provocó una dispersión local de contaminantes, que afectó

poblados cercanos principalmente hacia el lado noroeste del aeropuerto en un radio de alrededor de 5 km.

CCA-61 CARTEL

UN MODELO SIMPLE PARA LA GENERACIÓN DE ESCENARIOS DE CONCENTRACIONES DE CO₂ Y TEMPERATURA MEDIA GLOBAL USANDO ANFIS

Gay y García Carlos y López-Alfaro Fabio Arturo
Universidad Nacional Autónoma de México
 cgay@unam.mx

Dentro de la corriente dominante de la generación de modelos climáticos globales de circulación general con atmósfera y océano acoplados, surge la necesidad de proponer metodologías de modelación climática que no requieran gran cantidad de infraestructura de cómputo y recursos humanos para su elaboración y ejecución. Una alternativa son los modelos simples del clima, enfocados en solamente algunos procesos importantes, en los que se mantiene la capacidad de ajustar los parámetros mediante sus promedios espaciales o temporales, se utilizan menos dimensiones espaciales, parametrizaciones mucho menos elaboradas y, principalmente, menos recursos de cómputo. Se presenta un modelo simple que proyecta hacia 2100, las concentraciones de CO₂ y la temperatura media global de un sistema climático en balance energético con albedo, radiación solar y transparencia atmosférica constantes. La variable que alimenta el modelo es solamente el valor de las emisiones de CO₂ observadas y proyectadas a futuro. Se utilizan dos Sistemas de Inferencia Neuro-Difusos Adaptativos (ANFIS) para evaluar los parámetros modelados. El modelo se basa en un modelo simple de clima observado construido a partir de Sistemas de Inferencia Difusos (FIS) desarrollado por Olvera y Gay (2015) que ha sido adecuado y ampliado para permitir la elaboración de escenarios futuros. Un sistema de dos ecuaciones acopladas para las concentraciones y la temperatura media global se utiliza como base para la construcción de dos ANFIS tipo Sugeno. Las emisiones, concentraciones y temperaturas toman valores lingüísticos (bajas, medias y altas) dentro de los ANFIS. Usando escenarios de forma poligonal para representar las emisiones futuras, se construyen varios escenarios de concentraciones y temperatura media global. Los ANFIS construidos fueron validados y optimizados para evitar el sobreajuste del sistema. Se muestra la pertinencia del uso de metodologías de Soft Computing para la elaboración de modelos simples del clima.

CCA-62 CARTEL

TENDENCIAS DE HUMEDAD ATMOSFÉRICA Y VARIABILIDAD DE LA PRECIPITACIÓN EN EL CENTRO DEL MAR DE CORTÉS (MÉXICO)

Hernández-Parra Raquel Elisa, Tejeda-Martínez Adalberto, Baruch-Vera Aranza Elizabeth, Castro-Díaz Jaime Omar y Gómez-Díaz René
Facultad de Instrumentación Electrónica, Universidad Veracruzana
 raquelelisahernandezparra@gmail.com

Con el objetivo de explorar el posible efecto de las tendencias de la humedad atmosférica y la variabilidad de la precipitación pluvial en la isla Rasa, Baja California (28.82°N, 112.98°W) ubicada en el centro del Mar de Cortés, se evaluaron las tendencias de temperatura, humedad atmosférica (relativa y absoluta) y precipitación en diferentes periodos. Para el análisis se consideraron dos conjuntos de datos: uno para el periodo 2001-2019 de la estación meteorológica automática (EMA) de Bahía de los Ángeles (28.94°N, 113.55°W, 4 msnm; en adelante EMAA), y otro periodo más largo para las estaciones climatológicas de El Barril (28.30°N, 112.88°W, 20 msnm), Bahía de Kino (28.82°N, 111.93°W, 2 msnm) y Bahía de los Ángeles (28.94°N, 113.55°W, 4 msnm; en adelante Ángeles EC). Los datos de humedad atmosférica (relativa y absoluta) para las tres estaciones climatológicas fueron estimados a partir de la temperatura mínima durante el semestre junio-noviembre, dado que para el resto del año no se encontró un modelo de estimación adecuado. Las tendencias de la humedad absoluta se calcularon utilizando tanto los datos observados como los estimados y bajo la hipótesis de humedad relativa invariante ante el calentamiento o enfriamiento local y global. Para diagnosticar la variabilidad o irregularidad de la precipitación acumulada anual en las estaciones climatológicas de El Barril y Ángeles EC, se calcularon el coeficiente de variación y el índice de disparidad consecutiva. Adicionalmente, se calcularon el índice de Gini y se realizó un conteo de Rachas aplicados a la serie de precipitación diaria. La estación climatológica Ángeles EC mostró la mayor variabilidad en la precipitación acumulada y la mayor irregularidad en la base de precipitación diaria. Los resultados muestran que en el centro del Mar de Cortés las tendencias en humedad y precipitación pluvial son inciertas e insignificantes en comparación con las medias climáticas de la zona. Las tendencias de humedad absoluta observadas son muy bajas e inversas considerando la hipótesis de humedad relativa invariante. Aunque la tendencia regional (promedio de las tres estaciones climatológicas) estimada de la humedad absoluta es positiva, sigue siendo insignificante.

Sesión regular

EXPLORACIÓN GEOFÍSICA

Organizadores

Diego Ruiz Aguilar
Favio Cruz Hernández
Mario Fuentes Arreazola

EG-1

CARACTERIZACIÓN DE LA CORTEZA CONTINENTAL DE NICARAGUA A PARTIR DE INVERSIÓN CONJUNTA DE DATOS SATELITALES GRAVIMÉTRICOS Y MAGNÉTICOS

Zambrana Areas Xochilt Esther^{1,2}, Flores Márquez Elsa Leticia³, Suriñach Cornet Emma⁴, Chávez Segura René Efraín³ y León Sánchez Adrián Misael³

¹Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN-Managua

²Posgrado de Ciencias de la Tierra, UNAM

³Instituto de Geofísica, UNAM

⁴Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad de Barcelona
xza-86@hotmail.com

El presente trabajo tiene como objetivo analizar datos satelitales de anomalías gravimétricas y magnéticas, mediante modelos de inversión conjunta con el fin de proponer modelos tridimensionales de contrastes densidades y magnetización de la corteza continental en Nicaragua y caracterizar las principales estructuras tectónicas regionales del país. Estos modelos aportan información para entender el contexto tectónico y permite evaluar posibles amenazas geológicas sísmico-volcánicas, así como la exploración los recursos naturales. Nicaragua, se sitúa en Centroamérica, en el margen oeste de la Placa Caribe. La interacción de las placas de Caribe, Cocos y Nazca con las placas de América del Norte y del Sur produce un complejo patrón estructural de la corteza continental en la región. La estructura cortical de Nicaragua está constituida principalmente por el basamento cristalino del Microbloque Dipilto-Patua y por una corteza más densa del Terreno Oceánico Compuesto Mesquito. Además, el país presenta estructuras geológicas importantes como: La Cuenca de Antearco Sandino de edad Cretácico-Terciario, La Depresión de Nicaragua, que incluye el Arco Volcánico Nicaragüense del Cuaternario, La Cuenca Mosquitia del Cretácico-Terciario que forma parte de la Provincia de la Planicie Costera del Atlántico. El procesamiento de las anomalías gravimétricas y magnéticas satelitales mediante el análisis espectral, para la separación regional-residual, permitió inferir profundidades promedio de la cima del basamento gravimétrico, obteniendo valores entre los 22 y 7 km. También, se calculó la profundidad promedio del basamento magnético fluctuando entre 12 y 6 km. Por otro lado, el método de Deconvolución Euler se aplicó a la anomalía magnética residual para determinar la posición, orientación y profundidad de fallas corticales en Nicaragua, obteniendo direcciones de fallamiento con orientaciones preferenciales NW-SE, NE-SW, N-S y E-W, con profundidades entre 2 y 16 km. Los modelos geofísicos de inversión conjunta, utilizando gradientes cruzados de las anomalías gravimétrica regional y magnética total, permitieron las siguientes conclusiones: a) Se estima el basamento cristalino del Bloque Chortis y Microbloque Dipilto Patuca con profundidad ~32 km, b) El Terreno Oceánico Compuesto Mesquito, se extiende a una profundidad ~17 km, c) La Depresión Nicaragüense tiene un ancho ~60 km y profundidades entre 12 y 16 km, d) La Cuenca Sedimentaria Sandino presenta profundidades entre 14 y 17 km, e) Se interpretan cuerpos intrusivos con profundidades de 15 a 20 km en la Provincia de la Planicie Costera del Atlántico y para la Cuenca de Sedimentación Mosquitia se estimaron profundidades entre 15 y 18 km.

EG-2

EVALUACIÓN DE FILTRADO CON TRANSFORMADA WAVELET Y APRENDIZAJE COMPUTACIONAL PARA DATOS GEOFÍSICOS

Angeles Rojo Yosselin L.¹, Molino Minerio Re Erik²,
García Serrano Alejandro³ y Ortiz Osio Manuel³

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y Sistemas, IIMAS

³Facultad de Ingeniería, UNAM

yosselin.angeles@ingenieria.unam.edu

La exploración magnetométrica es una herramienta de prospección geofísica muy versátil, con aplicaciones que van desde el ámbito geológico hasta el arqueológico. La presencia de materiales metálicos producen efectos no deseados en los datos de esta técnica, dificultando la interpretación de la señal debido a la interferencia producida. En este trabajo proponemos una metodología basada en la transformada de ondícula, con el fin de identificar la firma de los elementos metálicos a partir de la descomposición en multiescala de la señal. Ya que cada zona de estudio tiene

una respuesta diferente, tanto del campo geomagnético como de las anomalías y ruido locales, proponemos utilizar técnicas de aprendizaje computacional para que la atenuación de las componentes no deseadas sea adaptativa. Presentamos resultados de la aplicación de esta metodología a datos de magnetometría terrestre realizados en la zona arqueológica "La Ferrería", localizada al Sur de la ciudad de Durango. Un conjunto de datos adquiridos en esta localidad se encuentra contaminada por el efecto de un elemento metálico superficial, enmascarando de forma importante las potenciales anomalías magnéticas que podrían ser asociadas a vestigios de origen arqueológico.

EG-3

CARACTERIZACIÓN GRAVIMÉTRICA DE LOS PROCESOS GEOLÓGICOS QUE DIERON ORIGEN AL CRÁTER LAGUNA DE LOS PALAU, SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

Martínez Myriam¹, Guevara-Betancourt Randall E.², Yutis Vsevolod³, Almaguer-Rodríguez Joselin L.² y Sarocchi Damiano²

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí

²Instituto de Geología, UASLP

³Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
mirimajim@outlook.com

Los estudios geofísicos son una de las técnicas más certeras para realizar interpretaciones del interior de la corteza. Entre ellas, el método potencial gravimétrico detecta las variaciones en la aceleración gravitacional de la Tierra según la distribución de densidades en el subsuelo y se infiere así, el arreglo geológico subsuperficial. El cráter Laguna de los Palau pertenece al Campo Volcánico Ventura-Espíritu Santo, ubicado entre el margen oriental de la Cuenca Mesozoica del Centro de México y el borde occidental de la Plataforma Valles-San Luis Potosí. Comprendido en un régimen estructural de escala regional con orientación laramídica NNW-SSE, se busca demostrar que el episodio eruptivo que originó al cráter estuvo controlado por el mismo sistema, evidenciando, además, los posibles puntos de emisión freatomagmática. El presente trabajo incluye un análisis gravimétrico de datos satelitales y terrestres desde la obtención de la anomalía residual de Bouguer hasta los cálculos espectrales de la primera derivada vertical, señal analítica y deconvolución de Euler. Como resultado del cálculo y proyección de las respuestas de densidad, se distingue la tendencia estructural alrededor del cráter, sugiriendo similitudes con la orientación regional de la zona. Además, se propone por primera vez un modelo de emisión freatomagmática, localizando los puntos explosivos de salida magmática en la circunferencia del cráter y la ubicación preliminar de una posible fuente alimentadora. Este estudio se posiciona como el primer trabajo de investigación y exploración geofísica en la Laguna de los Palau. Los hallazgos obtenidos y las interpretaciones realizadas no sólo contribuyen al conocimiento de esta región, sino que funcionan como referencia para futuras investigaciones y exploraciones geofísicas de campos volcánicos similares.

EG-4

ESTUDIO GRAVIMÉTRICO DEL CAMPO VOLCÁNICO DE MASCOTA, JALISCO

Rivas Francisco

Universidad de Guadalajara

francisco.rivas1664@alumnos.udg.mx

El campo volcánico de Mascota es de particular interés debido a que representa la manifestación más reciente de minetas identificadas en la Tierra, con erupciones que datan de hace aproximadamente 70,000 a 80,000 años. Estudios recientes sugieren que la erupción más joven podría haber ocurrido hace menos de 5,600 años. Este campo es también el más joven de los cuatro campos volcánicos potásicos ubicados en el bloque Jalisco, con edades reportadas de menos de 1 millón de años (Ownby, 2008). En esta investigación se presenta un análisis detallado de microgravedad en el campo volcánico de Mascota, ubicado en el bloque Jalisco, parte integral del Cinturón Volcánico Transmexicano. Durante el período 2023-2024, se llevó a cabo un estudio gravimétrico utilizando herramientas avanzadas como Python, PyGMT y QGIS 3.34.4, que permitió la generación de modelos gravimétricos mediante el método de interpolación Kriging. Estos modelos proporcionaron un mapa de anomalía de Bouguer completa del campo volcánico, basado en datos de gravedad

obtenidos de la serie de cartas gravimétricas de México (INEGI 2010) y del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS).

EG-5

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA DEL LÍMITE ESTRUCTURAL ENTRE LA PLATAFORMA VALLES-SAN LUIS POTOSÍ Y LA CUENCA MESOZOICA DEL CENTRO DE MÉXICO

Rodríguez Sosa Luis Fernando¹, Guevara Betancourt Randall Eduardo², Sarocchi Damiano³, Almaguer Rodríguez Joselin de Lourdes³ y Yutsis Vsevolod²

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí

²IPICYT

³Instituto de Geología, UASLP

a277233@alumnos.uaslp.mx

El campo volcánico Ventura-Espíritu Santo (CVVES), se encuentra en la zona media del estado de San Luis Potosí. Dentro de este campo se localiza una parte del límite entre la Plataforma Valles-San Luis Potosí (PVSLP) y la Cuenca Mesozoica del Centro de México (CMCM), la cual no ha sido definida previamente mediante técnicas geofísicas. Esta área se caracteriza también por su vulcanismo monogenético, dentro del cual las estructuras volcánicas más importantes son los maares Joya Honda y Hoyuela, así como la Laguna de Los Palau, que se sitúan cercanas a los límites entre estas unidades paleogeográficas. Este estudio utiliza gravimetría satelital y aeromagnetometría para caracterizar el límite estructural entre la CMCM y la PVSLP a lo largo del CVVES. Analizando su influencia en los eventos volcánicos de la zona. Los datos de gravedad fueron obtenidos del Global Gravity Model plus (GGMplus) con una resolución aproximada de 200 m, mientras que los datos aeromagnéticos de Campo Magnético Residual fueron adquiridos mediante el SGM. El procesamiento de los datos permitió obtener la Anomalía de Bouguer completa para gravimetría y el campo magnético reducido al polo para magnetometría. A estos datos se les aplicaron filtro como Señal Analítica, Tilt Derivative y Deconvolución de Euler, los cuales fueron analizados mediante perfiles y mapeo de puntos en las zonas de interés principales. Este análisis permitió evidenciar una clara tendencia del sistema estructural, la génesis de la actividad volcánica en la zona de estudio y las profundidades de origen de esta actividad, además de evidenciar de forma precisa el límite entre la PVSLP y la CMCM.

EG-6

ANÁLISIS ESTRUCTURAL A PARTIR DE SÍSMICA DE REFLEXIÓN 2D EN LA FRONTERA DEL DELTA DEL RÍO COLORADO Y DESIERTO DE ALTAR

Lázaro Larios Arceo Ernesto, González Escobar Mario, Reyes Martínez Carlos Simón, Gallegos Castillo Cristian Alejandro, Arregui Sergio, Mastache Román Edgar Agustín y González Álvarez Moisés Daniel

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

lazaro@cicese.edu.mx

La región del Golfo de California contiene cuencas marginales que fueron segmentadas y abandonadas durante la evolución del sistema del rift del Golfo de California durante el Plioceno. Un ejemplo es la Cuenca de Altar en Sonora, México, la cual cuenta con un importante registro sedimentario de la primera incursión marina y del inicio de la construcción del Delta del Río Colorado. El conocimiento sobre la estructura y evolución del extremo norte del rift del Golfo de California proviene principalmente de estudios en sus márgenes y en la Depresión del Salton, sin embargo, existen regiones en donde la cubierta sedimentaria impide ubicar las estructuras que controlaron la subsidencia y sedimentación. La frontera entre la Cuenca de Altar y el Delta del Colorado, son de estas regiones, cuya evolución es poco conocida. En este proyecto se realizó el procesamiento e interpretación de perfiles de sísmica de reflexión 2D adquiridos por Petróleos Mexicanos (PEMEX), incluyendo información geofísica complementaria (pozos, gravimetría, magnetometría y actividad sísmica). El contar con información sísmica de la industria petrolera ofrece una excelente oportunidad para caracterizar las estructuras y estratigrafía de dicha región, la cual debe de ser incorporada en los modelos de evolución tectónica de esta zona del rift. Se interpretó una serie de fallas, algunas conocidas, y otras hasta ahora desconocidas. Se identificaron seis sismo-reflectores u horizontes denominados HA, HB, HC, HD, HE, y HF, los cuales marcan los límites entre las unidades estratigráficas identificadas, denominadas como UA, UB, UC, UD, y UE. Se encontró el basamento granítico al NE de los perfiles identificado como horizonte HA, con un buzamiento hacia el SW. Los horizontes graficados en 3D permitieron observar la divergencia que existe en los estratos, así como la presencia de una subcuenca hasta ahora desconocida, que se correlaciona con un bajo magnético. Se identificó la presencia de la Formación Bouse, crucial para entender la conexión entre el Río Colorado y el Golfo de California, dado el debate existente sobre si esta formación se acumuló en un estuario marino marginal o en un gran lago interior aislado del océano. Esta formación se correlaciona con la Unidad UA, y solo nos limitamos a reportar su presencia, pero seguramente aportará información que ayude a ir aclarando la discusión que existe sobre sus entornos deposicionales históricos de la región.

EG-7

ESTIMACIÓN DEL PARÁMETRO VS30 POR EL MÉTODO DE ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE TIEMPO VERTICAL HORIZONTAL (HVTFA) EN CIUDAD GUZMÁN, JALISCO

Cocuñame Ricardo Danny Alexander, Escudero Ayala Christian René y Gutiérrez Peña Quiriat Jearim

Universidad de Guadalajara

danny.cocuname2582@alumnos.udg.mx

Ciudad Guzmán es el área urbana del municipio de Zapotlán el Grande, Jalisco. Se encuentra localizado en una zona de alta actividad sísmica y geológica, lo que representa un alto riesgo para los habitantes y la infraestructura que la componen. Dichas condiciones hacen necesario tener un conocimiento adecuado de las características geotécnicas de la zona de estudio. En la presente investigación se estima el parámetro Vs30 en Ciudad Guzmán, para 86 puntos con registro triaxial de ruido ambiental, y que cuentan con el cálculo del cociente de las razones espectrales (H/V). A partir de la relación entre la amplitud de la señal para las componentes horizontales y vertical, se obtiene la curva de elipticidad de las ondas Rayleigh mediante el método de Análisis de Frecuencia de Tiempo Vertical y Horizontal (HVTFA). La inversión de dicha curva permite obtener perfiles de velocidad de onda de corte en función de la profundidad. El método HVTFA es empleado para estimar la curva de elipticidad de las ondas Rayleigh en base a los registros de ruido ambiental o microtemores, además de minimizar el efecto de las ondas Love, debido a que estas afectan principalmente el registro de las componentes horizontales. Los datos adquiridos serán procesados a través del software ejecutable GEOPSY para H/V y el módulo DINVER para llevar a cabo el método HVTFA. Cada dato resultante de Vs30 es asociado a las coordenadas geográficas de adquisición. Finalmente, se interpolan estos datos por el método de Kriging Bayesiano Empírico, y se establece un mapa de microzonificación sísmica en base Vs30, considerando los diferentes rangos de clasificación del suelo en la NEHRP propuesta por Zhao et al., 2006. Se espera que los resultados obtenidos del proceso de interpolación muestren valores de Vs30 menores a 200 m/s, en la zona aluvial del centro-occidente de Ciudad Guzmán, mientras que los valores de Vs30 sean mayores conforme se aproxima al piedemonte de la sierra del Tigre localizada al oriente del municipio.

EG-8

EL MÉTODO DE NEWTON VERSUS TÉCNICAS HEURÍSTICAS: TRAZADO DE RAYOS SÍSMICOS EN MEDIOS ESTRATIFICADOS HORIZONTALES HOMOGÉNEOS COMO UN PROBLEMA DE OPTIMIZACIÓN

De la Rosa Andrade Jonathan Edin, Castillo Solís Jesús, Soto Villalobos Roberto, Méndez Delgado Sostenes, Valenzuela Gutiérrez Valeria, García Mendoza Emiliano, Cuéllar Treviño Virginia Guadalupe y Izaguirre Prado Omar Efraim

Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

dydsa_junior@outlook.es

La formulación matemática deducida a partir de la teoría de rayos, en estratos horizontales en medios homogéneos tiene la finalidad de encontrar los puntos en los cuales los rayos se correlacionan con las interfases de los estratos. El método de Newton en su forma matricial es la herramienta que hace posible las iteraciones necesarias de las posiciones de los puntos de interacción entre capas de los rayos, a partir de una aproximación inicial, para llegar a la ubicación de los puntos más óptimos. La investigación parte de la exploración geofísica, concretamente de la prospección sísmica, la cual es la materia de estudio de este trabajo, siendo las finalidades los elementos que se encuentran detrás de los cambios de velocidades de ondas en medios elásticos, la manera en la cual las ondas se propagan en los estratos del subsuelo y el aprovechamiento de las series de datos de tiempo obtenidos a partir de los arribos de las ondas, las cuales conceden conocer las propiedades del medio y su parte estructural. El problema de la incertidumbre de las propiedades físicas correspondientes al área de la sísmica y su imagen estructural en el subsuelo puede ser resuelto con el trazado de rayos. La adquisición de una expresión matemática en función de los parámetros estructurales y valores de velocidad en base a los tiempos de arribo es el objetivo del modelado directo, lo que finalmente lleva al objetivo de la operación, encontrar en las capas los puntos de interacción entre estas. El desarrollo de la formulación y adquisición de la expresión se explica en plenaria, adicionando las maneras en las que se manejan las ecuaciones no lineales y el jacobiano para este problema. Se demuestra de qué forma se resuelven las ecuaciones por medio del método de Newton para hallar las trayectorias más óptimas de viaje en función de un menor tiempo de recorrido. El presente trabajo provee una metodología de exploración sísmica por medio del trazado de rayos, haciendo uso de métodos matemáticos avanzados y de aplicación efectiva en geofísica.

EG-9

LA INFORMACIÓN GEOFÍSICA Y SU ROL EN LA EXPLORACIÓN PETROLERA EN MÉXICO

Hernández Ordoñez Rodrigo, Basurto Ortiz Ricardo,
Cortes Cuamatzi Jose Adrian y Mendoza Cervantes Keren

Comisión Nacional de Hidrocarburos, CNH
rodrigo.hernandez@cnh.gob.mx

La Comisión Nacional de Hidrocarburos tiene la facultad de regular, en México, las actividades de reconocimiento y exploración superficial (ARES) asociadas a las actividades petroleras, entre las que se encuentra la exploración geológica y geofísica. Por mandato legal, después de haberlas aprobado, la Comisión recibe toda la información asociada con las ARES. Es por ello, que la Comisión cuenta con toda la información geofísica asociada a la exploración petrolera en México, en zonas terrestres y marinas, desde estudios electromagnéticos, de métodos potenciales, sísmicos 2D y 3D, y hasta estudios geoquímicos y muestras del fondo marino. La relevancia de la Información no es sólo para que la Comisión la considere en sus procesos, sino que les permite a los operadores contar con más y mejor información que apoye la exploración y, por lo tanto, a reducir la incertidumbre acerca de los fenómenos geológicos asociados con los potenciales yacimientos. Además, esa información puede ser adquirida por terceros y apoyar el conocimiento de otras regiones. Adicionalmente, la información está disponible para la comunidad científica. En este trabajo se presenta el estado actual de la tecnología, en adquisición, procesos y algoritmos que son utilizados en México, particularmente en la exploración de hidrocarburos, la cobertura que se tiene por los diferentes métodos, así como una visión general de la información con la que cuenta la Comisión y cómo se puede acceder a ella.

EG-10

EXPLORACIÓN DEL ACUÍFERO PROFUNDO EN LA SUBCUENCA DEL RÍO SALINAS, NUEVO LEÓN, MEDIANTE EL MÉTODO MAGNETOTELÚRICO

Alvarado Izarraras Luis Gerardo¹, Ruiz Aguilar Diego¹, Chávez Cabello Gabriel²,
Méndez Delgado Sónenes², Romero de la Cruz Oscar Mario² y Garza Rocha Daniel²

¹División de Ciencias de la Tierra, CICESE
²Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
lg.alvarado@cicese.edu.mx

La Subcuenca del Río Salinas (SRS), ubicada al norte del Área Metropolitana de Monterrey, Nuevo León, es una región de interés geológico e hidrogeológico debido a su potencial para albergar acuíferos profundos contenidos en rocas sedimentarias marinas. Este trabajo consiste en caracterizar de forma geoelectrica la parte central de la SRS mediante el modelado inverso 1D y 3D de datos magnetotelúricos, con la finalidad de identificar el acuífero profundo en secuencias de rocas sedimentarias marinas plegadas. Para realizar el modelado inverso 1D se utilizó el método de inversión Occam y Marquardt, mientras que para la inversión 3D se implementó la técnica de gradientes conjugados no lineales. En ambos, se presentan gráficos de la distribución de resistividades. A partir de los resultados obtenidos del modelo inverso 1D y la interpretación preliminar de anomalías de baja resistividad presentes en el modelo inverso 3D, hay indicios de la presencia de un acuífero profundo en la SRS. Mediante el análisis de los resultados preliminares, se espera obtener una mejor comprensión de la distribución de resistividades del subsuelo, hacer una correlación con la geología de la zona de estudio, así como brindar información hidrogeológica de la región.

EG-11

ESTUDIO HIDROGEOFÍSICO EN EL EJIDO SALTILLO DEL VALLE DE MEXICALI EN BAJA CALIFORNIA

Sánchez García María Dolores¹, Ruiz Aguilar Diego¹ y Fuentes Arreazola Mario Alberto²

¹División de Ciencias de la Tierra, CICESE
²Departamento de Ciencias Exactas, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara
msanchez@cicese.edu.mx

El acuífero del valle de Mexicali es de gran importancia debido a su dinamismo y propiedades hidrogeológicas, ya que es una fuente vital de agua para la región. Los sondeos Transitorios Electromagnéticos (TEM) son cruciales en la exploración de acuíferos por su capacidad para identificar zonas saturadas y evaluar la estructura hidrogeológica de manera no invasiva. Son efectivos en terrenos complejos y permiten monitorear y gestionar los recursos hídricos de forma eficiente. Su uso reduce costos y facilita la planificación de perforaciones. En este contexto, se llevó a cabo una investigación en el ejido Saltillo, ubicado en el Valle de Mexicali, dentro de la unidad hidrogeológica conocida como la planicie de inundación del valle, esta área se caracteriza por un ambiente de depósito deltaico, que influye en la distribución y las propiedades de los sedimentos y, por ende, en las características hidrogeológicas del acuífero. El trabajo de investigación incluyó la adquisición de 9 sondeos TEM con una configuración de espira central de 75x75 metros, con el objetivo de obtener datos geofísicos que proporcionaran información detallada sobre las condiciones del subsuelo mediante un modelo geoelectrico. Estos datos fueron procesados y se realizó una inversión 1D utilizando los esquemas de Occam y Marquardt. Además, se llevó a cabo un análisis de los parámetros obtenidos mediante modelos equivalentes y valores de importancia, lo que permitió

determinar la fiabilidad de los resultados y la resolución de los parámetros del modelo. Finalmente, los resultados obtenidos fueron comparados con la información geológica disponible y las unidades hidrogeológicas de la zona, lo que permitió mejorar la comprensión del acuífero en la zona del Ejido Saltillo en el Valle de Mexicali.

EG-12

RESISTIVIDAD ELÉCTRICA Y SISMICIDAD EN LA ZONA DE FALLA DE SAN MIGUEL, EN EL NORTE DE BAJA CALIFORNIA

Ventura Marroquín Julia Isabel¹, Romo Jones José Manuel¹, Flores Luna Carlos Francisco¹, Munguía Orozco Luis¹ y Ortiz Figueroa Modesto²

¹División de Ciencias de la Tierra, CICESE
²División de Oceanología, CICESE
jventura@cicese.edu.mx

Se sabe que la conductividad eléctrica de las rocas en zonas de fallas activas se ve afectada por la presencia de fluidos y la concentración de minerales arcillosos, lo cual influye en los procesos de fractura y la generación de sismos. Con base en esto, este trabajo se enfoca en investigar la relación entre la conductividad eléctrica y la sismicidad en la zona de Falla de San Miguel, ubicada en el Valle de Ojos Negros, Baja California, la cual ha presentado una alta actividad microsísmica, así como eventos sísmicos importantes en el pasado. El principal objetivo de este trabajo es analizar la relación entre la conductividad eléctrica del subsuelo y la actividad sísmica, mediante la interpretación de sondeos magnetotelúricos (MT), para conocer si existe una correlación significativa entre ambos procesos. Para lograrlo, se determinó la distribución de resistividades en la zona, empleando modelos de inversión 3D de tres perfiles de datos. Además, se presentan datos sísmicos registrados en un periodo desde 2011 hasta 2020 recopilados de la base de datos de la Red Sísmica del Noroeste de México (RESNOM, CICESE), así como modelos de resistividad eléctrica integrados con la sismicidad de la zona, se exponen gráficas de resistividad aparente y fase derivadas de los datos magnetotelúricos, lo que permitió analizar patrones y tendencias de conductividad eléctrica en la Zona de Falla de San Miguel.

EG-13

EXPLORACIÓN GEOFÍSICA EN CONCEPCIÓN CUAUTLA, PUEBLA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS CON ROCAS DE INTERÉS COMERCIAL MEDIANTE TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

Barrera Brito Mauricio, Serrano Ortiz José, Martínez Mirón Yleana Claudia,
Hernández García Marcos, González Guevara José Luis, González Hernández Julio César, Castillo Pensado Juan Luis y Mejía Pérez José Alfredo

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP
mauriciobarrera178@gmail.com

La localidad de Concepción Cuautla y su Municipio Tecali de Herrera pertenecientes al Estado de Puebla. Se destacan por el comercio de artesanías elaboradas con roca como son el Mármol y Ónix, esto representa la principal fuente de ingresos de los pobladores. El trabajo pretende identificar zonas en el subsuelo donde se concentre la roca de interés comercial en la localidad de Concepción Cuautla aplicando el método geofísico de resistividad en su modalidad de Tomografías Eléctricas Resistivas. Los resultados cualitativos y cuantitativos del estudio pretenden definir si la zona de estudio es viable para la exploración y explotación de la roca y con esto se pueda beneficiar parte de la comunidad de la zona.

EG-14

MODELADO GEOLÓGICO-GEOFÍSICO 3D DEL PALEODESLIZAMIENTO OCOLUSEN Y SUS IMPLICACIONES EN EL RIESGO GEOLÓGICO DE MORELIA, MICHOACÁN

Rosas Echeverría Hannia Fernanda¹, Jiménez Haro Adrián² y Israde Alcántara Isabel³

¹Universidad Nacional Autónoma de México
²EXPLOTERRA
³Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
hanniafernandar@gmail.com

El presente estudio se centra en la zona sur de Morelia, donde la expansión urbana ha sometido a la población a diversos riesgos geológicos, con particular énfasis en la interacción entre el deslizamiento Ocolusen y la Falla La Paloma. El objetivo principal de esta investigación es una comprensión más profunda de los fenómenos geológicos mediante un análisis geológico-estructural y geofísico detallado. El propósito fundamental es desarrollar un modelo geológico estático tridimensional (3D) empleando técnicas geofísicas avanzadas, tales como tomografía de resistividad eléctrica y radar de penetración terrestre. Además, se llevará a cabo la elaboración de cartografía geológico-estructural detallada. Con el fin de lograr una mayor precisión en el modelo y en los resultados geofísicos, se generará un modelo digital de elevación de alta resolución mediante técnicas de fotogrametría. La metodología del estudio contempla una revisión exhaustiva de la literatura existente, seguida de la adquisición de datos geofísicos y geológicos, que serán interpretados

para la construcción del modelo tridimensional utilizando el software Leapfrog Geo. Este estudio proporcionará una contribución significativa a la evaluación del riesgo geológico en la zona, así como a la comprensión de la interacción entre el deslizamiento y la falla geológica. Este tema ha sido objeto de discusión recurrente entre los residentes de la ciudad y las autoridades competentes en los últimos años.

EG-15

MODELACIÓN DE CAVERNAS KÁRSTICAS AL SUR DE LA RUTA DE LOS CENOTES, MUNICIPIO DE PUERTO MORELOS, QUINTANA ROO

Valenzuela Gastélum Lucía Guadalupe y Valencia Saucedo Javier

Universidad de Sonora
a213203476@unison.mx

La Península de Yucatán ha desarrollado un extensivo sistema kárstico, esto como consecuencia de la gran acumulación de sedimentos calcáreos que ha tenido lugar desde el Cretácico. Dicho sistema en conjunto con los cambios del nivel mar han generado el desarrollo de un acuífero kárstico y junto con ello los sistemas de cavernas inundadas más grandes del planeta. El término karst es utilizado para describir un especial estilo del terreno, el cual incluye cavernas y extensivos sistemas de agua subterránea los cuales se desarrollan en rocas solubles como lo son las calizas, dolomías y evaporitas. Desde el punto de vista ambiental e ingenieril, los ambientes kársticos son difíciles de explorar e interpretar debido al poco acceso que se tiene, además de que su complejidad impide predecir el desarrollo de los mismos. El objetivo de este estudio es la aplicación métodos geofísicos para la modelación de cavernas kársticas al sur de la Ruta de los Cenotes en Puerto Morelos, Quintana Roo ajustadas a un modelo geológico conceptual previamente establecido. Para el desarrollo del trabajo se utilizó el método geofísico de Tomografías de Resistividad Eléctrica (TER's), las cuales emplean una fuente artificial de corriente y miden la diferencia de potencial eléctrico con lo cual se puede determinar la resistividad aparente del subsuelo. A partir del procesamiento de los datos se obtienen imágenes de resistividad del subsuelo y asumiendo que los materiales tienen valores de resistividad establecidos se puede hacer una interpretación geológica del mismo. Como resultado de las técnicas geofísicas aplicadas se obtuvieron perfiles de resistividad, los cuales se ajustan a los rangos de resistividad ideales para la zona de estudio, en este caso, para rocas calcáreas. Con base en la interpretación de los perfiles, se determinaron tres unidades geoelectricas para el área de estudio. Finalmente, se establecieron las zonas de mayor vulnerabilidad en el subsuelo para posteriores análisis, con el objetivo de prevenir posibles incidentes de subsidencia de la superficie o colapsos.

EG-16 CARTEL

ANÁLISIS GRAVIMÉTRICO Y MAGNÉTICO EN EL GOLFO DE TEHUANTEPEC: MAPAS PRELIMINARES

Reyes Martínez Carlos Simón y González Escobar Mario

CICESE
csreyes@cicese.mx

El Golfo de Tehuantepec es una región tectónicamente activa con una geología compleja, dominada por la subducción de la Placa de Cocos bajo la Placa Norteamericana. Esta interacción tectónica genera una alta actividad sísmica, lo que resalta la importancia de estudiar esta región. En este trabajo, presentamos los resultados preliminares del análisis de dos bases de datos de métodos potenciales adquiridos por Petróleos Mexicanos (PEMEX) en la década de los 70. La base de datos incluye una malla gravimétrica y una malla magnética, cada una abarcando un área aproximada de 34,120 km², levantadas al nivel del mar. Hasta ahora, para la base de datos gravimétrica, se han generado los mapas de anomalía completa de Bouguer, anomalía residual y anomalía regional. Para la base de datos magnética, se presentan los mapas de intensidad de campo magnético, reducción al polo y señal analítica.

EG-17 CARTEL

ESTUDIO MAGNETOMETRICO EN LA REGION VOLCANICA DE SAN QUINTIN, BAJA CALIFORNIA

Ochoa Tinajero Luis, Mastache Román Edgar Agustín y González Escobar Mario

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE
eotinajero@cicese.mx

Se realizó un estudio geofísico con el método magnetométrico en el área volcánica de San Quintín Baja California. El campo Volcánico de San Quintín está formado al menos por trece conos cineríticos cuyo origen no ha sido definido satisfactoriamente puesto que aparentemente no existen rasgos estructurales activos en el área con los que puedan asociarse. El objetivo fue explorar cuerpos intrusivos en la región volcánica con el fin de correlacionar los cuerpos geológicos en superficie con los subterráneos y definir la estructura y arquitectura de estos. Los resultados preliminares permitieron identificar zonas de fallas y fracturas que están asociados a los cuerpos volcánicos. Este trabajo es complemento de estudios previos utilizando sísmica MASW y gravimetría para definir la estructura subterránea, identificar posibles volcanes enterrados y explicar el origen y formación de estos.

EG-18 CARTEL

PROSPECCIÓN GRAVIMÉTRICA EN ZONAS URBANAS: CASO RED GRAVIMÉTRICA-GEODESICA DE LA CIUDAD DE LOS MOCHIS, SINALOA

Padilla Lafarga Andrea Alejandra, Moraila Valenzuela Carlos, Martínez Castro María Luisa y Montiel Andrade Edgar

Universidad Autónoma de Sinaloa
andrepadilla@uas.edu.mx

La presente investigación muestra los resultados preliminares de la exploración gravimétrica en conjunto con datos geodésicos GNSS en la Cd. de Los Mochis, Sinaloa. Esta red se diseñó con el objetivo de establecer las estructuras geológicas locales empleando datos gravimétricos, con fines geotécnicos, hidrológicos, así mismo la posibilidad de la evaluación de riesgos naturales y ambientales. Se tiene un vértice de referencia con gravedad absoluta, ubicado en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería Mochis (UAS) establecido en colaboración con el Instituto Nacional de Geografía y estadística (INEGI) y el National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA). Los vértices de la red geo-gra se encuentra establecida en lugares públicos, sumando 53 puntos medidos, están distribuidas desde la línea de costa, hasta la zona NE de la Sierra de Barobampo, con la finalidad de enmarcar las estructuras principales que rodean la cd de los Mochis. Con los datos gravedad procesados preliminarmente se obtuvieron perfiles transversales, determinando la presencia de anomalías gravimétricas que podrían estar relacionada con características geológicas locales, como variaciones en la litología o estructuras subsuperficiales. Estos resultados ofrecen una primera aproximación al comportamiento del subsuelo de la cd. de los mochos, que será refinada en estudios posteriores con la aplicación de las correcciones necesarias. Se analizaron las observaciones GNSS de posicionamiento usando software académico, en la estimación de señal a ruido, ambigüedades de fase portadora y multitrayectoria. En el procesamiento de los datos GNSS se utilizaron órbitas IGS, modelos de corrección: tierra sólida, mareas oceánicas, rotación terrestre, atmósfera, empleando la metodología de diferencial (Track/Gamit-Globalk), obteniendo marcos de referencia horizontal y vertical confiables a la red. Este trabajo inicial resalta la importancia de la prospección gravimétrica en la gestión territorial, con el fin de generar herramientas que permitan la toma de decisiones para el desarrollo urbano de una ciudad en crecimiento.

EG-19 CARTEL

MONITOREO GRAVIMÉTRICO DE PRECISIÓN EN EL CAMPO GEOTÉRMICO DE CERRO PRIETO (CGCP) PARA DETERMINAR VARIACIONES DE MASA EN EL YACIMIENTO

Salas Contreras Pedro¹, Ramírez Hernández Jorge¹ y Xancal Acametitla Grisel²

¹Instituto de Ingeniería, UABC
²Universidad Politécnica de Baja California
pedro.salas@uabc.edu.mx

En el año 2023 se reiniciaron los estudios de monitoreo con gravimetría de precisión y GPS de doble frecuencia para estimar los cambios de masa producidos por la explotación desde la puesta comercial en 1973 del campo geotérmico de Cerro Prieto. El área de estudio se localiza al noroeste de México en el municipio de Mexicali dentro del estado de Baja California, actualmente operado comercialmente (> 50 años) por la Gerencia de Proyectos Geotermoelectrónicos (GPG) de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Por sus dimensiones el CGCP es considerado el más grande de México con una capacidad máxima instalada de 720 MW (finales del año 2000), posteriormente debido a la despresurización del yacimiento la capacidad instalada disminuyó a 570 MW en 2011. Durante varios años se han realizado diferentes técnicas para mantener sustentablemente la producción del CGCP con diferentes técnicas de perforación, reparación de pozos y otras técnicas de inyección de la salmuera producto de la generación misma del proceso geotérmico. El monitoreo del yacimiento con técnicas de gravedad de precisión se inició a finales de los setenta y principios de los ochenta, estudios que advertían cambios en el subsuelo debido a procesos naturales y de muy poca significancia por la explotación del yacimiento. Posteriormente a finales de los noventa se realizan estudios de gravedad y la comparativa con los primeros es congruente con la respuesta inferida a partir de los estudios isotópicos, geoquímicos y termodinámicos del yacimiento. Actualmente, se presenta los avances del monitoreo gravimétrico el CGCP, en el que se realizaron mediciones de precisión utilizando métodos estadísticos en sitios de los 70's, 80's y 90's con la finalidad de comparar estudios previos y entender las zonas con mayores variaciones de masa, además de su relación con modelos de yacimiento que existen para ayudar a disminuir la despresurización del yacimiento.

EG-20 CARTEL

REGULARIZADORES EN LA INVERSIÓN CONJUNTA DE DATOS GEOFÍSICOS CUANDO SE UTILIZAN ENFOQUES PETROFÍSICOS

Carrillo López Jonathan¹, Pérez Flores Marco Antonio² y Calò Marco³¹División de Ciencias de la Tierra, CICESE²CICESE³UNAM

jonathan.carrillo.unam@gmail.com

Uno de los retos en la inversión conjunta de datos geofísicos cuando se utilizan enfoques petrofísicos, es la regularización del problema cuando la búsqueda requiere de relaciones funcionales complejas entre las propiedades de estudio. En este trabajo se desarrollaron dos estrategias de regularización cuando se emplean grados polinomiales altos para invertir conjuntamente la densidad y la velocidad de la onda S (Vs) a través de datos de gravedad y de ondas sísmicas superficiales. En la primera estrategia se propuso un operador de regularización que actúa sobre los coeficientes polinomiales dándole mayor peso a los coeficientes de grados menores, que son los más estables y los que más contribuyen al ajuste polinomial. En la segunda estrategia, se planteó un esquema secuencial que resuelve los coeficientes en orden de grado: primero los coeficientes de menor grado, y una vez encontrados, se introducen como información a priori para resolver únicamente los grados subsecuentes. Se analizan las ventajas y desventajas de cada estrategia en la inversión conjunta de datos de ondas superficiales y de datos de gravedad en un experimento sintético y en datos del campo geotérmico de Los Hornos, Puebla. Finalmente, se discute la conveniencia y posible utilidad en otras combinaciones de propiedades geofísicas con vistas a futuras aplicaciones.

EG-21 CARTEL

TRAZADOS DE RAYOS Y EL MÉTODO DE NEWTON, UN EJEMPLO PARA MEDIOS ESTRATIFICADOS HORIZONTALES UTILIZANDO HERRAMIENTAS METAHEURÍSTICAS

Castillo Solís Jesús, Soto Villalobos Roberto, Méndez Delgado Sôstenes, De la Rosa Andrade Jonathan Edin, Valenzuela Gutiérrez Valeria, Estrada Oviedo Jonathan Josias, Cuéllar Treviño Virginia Guadalupe y Izaguirre Prado Omar Efraín

Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

casj1847063@uanl.edu.mx

El trabajo aplica la teoría de rayos en medios con estratos horizontales homogéneos para desarrollar una formulación matemática que permita determinar los puntos donde los rayos interactúan con las interfaces de las capas. Para ello, se utiliza el método de Newton en su forma matricial, lo que permite obtener iterativamente las posiciones de los puntos de interacción a partir de una aproximación inicial. El trabajo se enfoca en la exploración geofísica, específicamente en la exploración sísmica, que se encarga de estimar la variación de las velocidades de las ondas en el subsuelo. Explica cómo las ondas se propagan en un medio estratificado y cómo se pueden utilizar las mediciones de los tiempos de arribo de las ondas para determinar las velocidades y espesores de las capas. Una forma de resolver este problema es a través del trazado de rayos, el modelado directo consiste en obtener la expresión matemática que relacione los parámetros de la estructura (velocidades, espesores) y los tiempos de arribo, con los puntos donde los rayos interactúan con las interfaces de las capas. La formulación se presenta con detalle, incluyendo la forma en que se utilizan las ecuaciones no lineales y el jacobiano del sistema, que es una matriz tridiagonal. Se explica cómo resolver estas ecuaciones mediante el método de Newton para encontrar la trayectoria con tiempo mínimo de viaje. En resumen, el trabajo combina métodos matemáticos avanzados con aplicaciones prácticas en geofísica, proporcionando una metodología para el trazado de rayos y la exploración del subsuelo.

EG-22 CARTEL

DETERMINACIÓN DE VELOCIDADES DE ONDA DE CORTE PARA LA CLASIFICACIÓN DEL SUELO EN CIUDAD GUZMÁN, JALISCO, MÉXICO

Vázquez Luna Daniel Rogelio, Sandoval Hernández Juan Manuel y García García Edith Xiomara

Universidad de Guadalajara

daniel.vluna@alumnos.udg.mx

Ciudad Guzmán, es la cabecera municipal de la región sur del estado de Jalisco en México. Las actividades comerciales, han impulsado la economía, la creación de empleos y han fomentado el desarrollo educativo para cubrir las demandas del mercado. Lo anterior, incrementó la demanda de viviendas, optando por la construcción vertical. Sin embargo, las condiciones geológicas y sísmicas de la región, han ocasionado afectaciones tanto en estructuras de edificios históricos, como en construcciones modernas (p. ej. templos religiosos emblemáticos y edificios universitarios). Ciudad Guzmán enfrenta un alto riesgo sísmico que tiene que ser considerado en su desarrollo territorial, por un lado, Comisión Federal de Electricidad ubica a la ciudad sobre una zona de alta a muy alta intensidad sísmica con base a la estimación de la aceleración pico del suelo. Además, esta edificada sobre un valle aluvial de sedimentos no consolidados, los cuales se asocian a un mayor

nivel de riesgo debido al efecto de sitio. Este proyecto de investigación estima las propiedades mecánicas del suelo como el parámetro Vs30 y el parámetro de densidad del suelo indispensable para la evaluación y mitigación del riesgo sísmico. Para elaborar el mapa de riesgo sísmico de velocidades de onda de corte, se tomaron registros de ondas superficiales en 29 puntos, apegados a la metodología de Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW) aprobada por CENAPRED como metodología necesaria para llevar a cabo una microzonificación sísmica. Los resultados del procesamiento obtenidos se clasificaron con base a la guía de suelos de la National Earthquake Hazard Reduction Program (NEHRP) y de The European Standard of Design of Structures for Earthquake Resistance (EUROCODE 8).

EG-23 CARTEL

ESTUDIO GEOELÉCTRICO DE LA PRESA EL HUNDIDO, SLP. UN CASO DE MACROFRACTURAMIENTO Y SUBSIDENCIA

Trejo Martínez Ximena Michelle¹, Delgado Rodríguez Omar² y Tuxpan Vargas José²¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT²IPICYT

ximena.trejo@ipicyt.edu.mx

En el municipio de Villa de Reyes, SLP, se localiza la presa El Hundido, la cual presenta un sistema de fracturas y zonas de colapso en incremento; afectando la infraestructura urbana y social de la región. La aplicación de los métodos de sondeo Transitorio Electromagnético (TEM), Perfilaje Electromagnético (PEM) y Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE) demostraron ser efectivos en la caracterización geoelectrica del vaso de la presa, conformando un estudio geofísico integral. Por otra parte, el Modelo Digital de Elevación (DEM) ayudó a delimitar la zona de mayor subsidencia coincidente con la porción central del embalse. El sondeo TEM asocia la zona de fracturamiento reticular a una capa resistiva superficial de sedimentos secos y friables. En el mapa de PEM para la profundidad estudio 60 m se observa la influencia de los cuerpos de conglomerados polimicticos debajo del nivel de saturación, funcionando como acuífero local dado a su alta permeabilidad. Los resultados de TRE muestran la existencia de una capa arcillosa discontinua que fungía como retenedor del agua del embalse y que desaparece en la parte central del vaso de la presa, donde predominan las fracturas, impidiendo la retención de agua en la misma. Se modela una falla geológica asociada a la macrofractura que indica la existencia de causas naturales, y no solo antropogénicas, en el fracturamiento del subsuelo. Palabras Clave: Presa El Hundido, Falla Geológica, Fracturas, TRE, TEM, PEM.

EG-24 CARTEL

COMO SE PIERDE LA ENERGÍA EN UNA TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA MARINA

Pérez Flores Marco Antonio y Gómez Nicolás Mariana Patricia

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE

mperez@cicese.mx

El objetivo de este trabajo es mostrar cómo decae el potencial eléctrico en un medio marino o lagunar. Por simplicidad, se usan solo 2 capas horizontales. La primera capa es agua de mar o de lago, la segunda capa es de tierra. En un experimento, la fuente la colocamos en la interface aire-agua y en otro experimento, en la interface agua-tierra. Para este trabajo resolvemos analíticamente y en coordenadas cilíndricas colocando la fuente en dos interfaces distintas. El propósito es ver dónde nos conviene más poner la fuente en la práctica. También como influye el espesor del tirante de agua en el decaimiento del potencial eléctrico. Este investigación puede ser de gran utilidad para aquellos que están haciendo Tomografías Eléctricas en mar o en lagos. También para una mejor planeación antes de hacer levantamientos en 2D o 3D. Podemos hacer un análisis semejante con programas de modelado en 2D o 3D, pero siempre dudamos un poco, debido a la precisión que maneja cada metodología. En este caso, lo hacemos analíticamente.

EG-25 CARTEL

ESTUDIO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA PARA DETERMINACIÓN DE ZONAS MINERALIZADAS DE BARITA EN LA LOCALIDAD DE PABLILLO, SUR DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN

Romero de la Cruz Oscar Mario¹, Ocañas Fernández Ezequiel¹, Cossío Torres Tomás² y López Silva Axel Enrique¹¹Universidad Autónoma de Nuevo León²GEOLINSA, S.A. de C.V.

omrc@hotmail.com

En la zona sur del estado de Nuevo León se ubican diferentes zonas mineralizadas las cuales pueden ser de carácter metálico o no metálico. Esta área minera se extiende principalmente entre los municipios de Galeana y Aramberri, donde se encuentran presentes diversos distritos mineros. Particularmente, el mineral de barita se localiza dentro de la Formación Huizachal, la cual está constituida de lechos rojos, y las estructuras del mineral se extienden hasta los límites de la Formación Minas Viejas. Partiendo de un fuerte contraste litológico entre los lechos rojos y el mineral de barita, se realizó una adquisición de datos de eléctricos con

el arreglo dipolo-dipolo, para obtener una sección de resistividad y poder estimar la posible geometría y profundidad de un depósito de barita. Se presentan los resultados del estudio realizado en una área ubicada dentro del distrito minero Galena, cerca de la localidad de Pabillón. En el área de estudio se encuentra en explotación una mina del mineral Barita (BaSO_4) en formas de vetas que rellenan fallas estructurales, y el objetivo es determinar la posible y potencial extensión del mineral hacia la profundidad. La aplicación del método de resistividad eléctrica produjo una distribución de aceptables proporciones del mineral, para la proyección y continuidad de la extracción del material. Los resultados arrojan una imagen de altos contrastes de resistividad que delinean los límites del cuerpo mineralizado.

EG-26 CARTEL

CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO EN EDIFICACIONES DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE LA COSTA (PUERTO VALLARTA, JALISCO) MEDIANTE TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

Aguirre Macías Nayeli Monserrat¹, Fuentes Arreazola Mario Alberto², Pedrosa Ruciles Sergio³, Rendón Contreras Héctor Javier², Cupul Velázquez Ana Mercedes⁴ y Chavoya Gama Jorge Ignacio³

¹Programa de Licenciatura en Ingeniería Civil, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara

²Programa de Posgrado, Maestría en Ciencias en Geofísica, Departamento de Ciencias Exactas, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara

³Departamento de Ciencias Exactas, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara

⁴Programa de Doctorado en Biosistemática, Ecología y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara
nayeliaguirrem44@gmail.com

En la ingeniería civil el estudio geotécnico es una actividad crucial que se debe realizar en todos los proyectos de edificación e infraestructura. Siendo los estudios in-situ los más usuales y que por lo general implican perforaciones con recolección de muestras de suelo. Sin embargo, estos métodos invasivos pueden resultar costosos cuando se requiere gran cantidad de perforaciones para estudiar la continuidad de estratos o ser poco factibles para evaluar el subsuelo bajo estructuras edificadas. La exploración geofísica somera presenta diversas alternativas no invasivas para caracterizar geotécnicamente el subsuelo. En particular la tomografía de resistividad eléctrica (TRE) es uno de los métodos más versátiles, debido a su capacidad de proporcionar imágenes detalladas y precisas del subsuelo resultado de su relativamente sencilla y rápida implementación en campo. En este sentido, diseñamos y realizamos cuatro perfiles de TRE-2D con la finalidad de caracterizar el subsuelo en las inmediaciones de tres edificios dentro del Centro Universitario de la Costa en Puerto Vallarta, Jalisco, México. Se utilizó un resistivímetro (Gito-1100V del fabricante Hematec) para medir la resistividad aparente empleando arreglos tetra-electródicos tipo Dipolo-Dipolo. A partir de cada conjunto de datos medidos, se calcularon sus estadísticos descriptivos básicos para cada nivel de exploración con la finalidad de establecer un criterio para discriminar valores dispersos. Con lo anterior se pretendió optimizar el proceso de inversión realizado en el software Res2DInv. Con base en los resultados de la inversión de datos geofísicos se definieron cinco unidades geoelectricas [UG-1 (1 a 20 Omega m), UG-2 (20 a 40 Omega m), UG-3 (40 a 100 Omega m), UG-4 (100 a 500 Omega m) y UG-5 (750 a 1000 Omega m)] que mostraron ser consistentes con los materiales geológicos que constituyen el subsuelo determinados por estudios previos con métodos invasivos. Los perfiles de TRE-2D permitieron definir variaciones laterales del contenido de humedad y saturación en el subsuelo, así como permitir identificar la profundidad del material consolidado y posiblemente cementado sobre el cual se puedan desplazar futuros proyectos de infraestructura dentro del campus universitario. Finalmente, este trabajo puede ser considerado como un marco de referencia para que la técnica de TRE-2D sea implementada en la región de Puerto Vallarta, que presenta un gran desarrollo de infraestructura, como alternativa no invasiva para caracterizar exitosamente el subsuelo desde una perspectiva geotécnica y de la ingeniería civil.

EG-27 CARTEL

PROCESAMIENTO DE DATOS MAGNETOTELÚRICOS CON TÉCNICAS ROBUSTAS: UN PASO INDISPENSABLE EN MEDICIONES EN ZONAS URBANAS

Saavedra Vargas Marco Antonio¹, Arango Galván Claudia², Hernández Aburto Yasmin³ y Ruiz Aguilar Diego³

¹Facultad de Ingeniería, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³División de Ciencias de la Tierra, CICESE
marcosaaavedra476@gmail.com

El 10 de mayo de 2023 se presentó un evento sísmico de magnitud menor con epicentro al poniente de la Ciudad de México que despertó la atención de la población, las autoridades y la comunidad científica. La ocurrencia de sismos locales ha sido ampliamente documentada dentro de la ciudad, confirmándose la existencia de estructuras geológicas que han sido poco estudiadas, dadas las limitaciones propias de la urbe, y que podrían representar un peligro para la población y la infraestructura. Con estos antecedentes de ha formulado un proyecto, financiado por la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México, para caracterizar de manera integral la porción poniente de la Ciudad de México con el fin de identificar las estructuras geológicas frágiles que podrían ser generadoras de sismos, utilizando técnicas geológicas-geofísicas, como los

modelos de resistividad eléctrica a partir de mediciones magnetotelúricas hasta una profundidad de aproximadamente 4 km. Este trabajo tiene como objetivo mostrar las diferencias entre la estimación de las respuestas magnetotelúricas a partir de procesamiento convencionales y robustos, sobre todo ante la presencia de ruido antropogénico intenso como el que acontece en la Ciudad de México. Así, se confirma que la aplicación de técnicas robustas aunada a una técnica óptima de adquisición en campo permitirá la obtención de distribuciones confiables de resistividad eléctrica en el subsuelo.

EG-28 CARTEL

ESTIMACIÓN DE RANGOS DE POROSIDADES EN EL ACUÍFERO DE SABINAS UTILIZANDO LÍMITES DE HASHIN-SHTRIKMAN EN DATOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA OBTENIDOS CON SONDEOS MAGNETOTELÚRICOS

Rivas Serrano Daniel Antonio, Vega Ruiz Sandra y Corbo Camargo Fernando
Universidad Nacional Autónoma de México
daniel.rivser@geociencias.unam.mx

El acuífero de Sabinas es una fuente vital de recursos hídricos para las comunidades de Nueva Rosita y Río Bravo, en Coahuila. Por esta razón, es fundamental optimizar su aprovechamiento, prestando especial atención a la caracterización de sus propiedades físicas, en especial, la porosidad. Dado el limitado conocimiento de dichas propiedades en la cuenca sedimentaria, la implementación de técnicas analíticas resulta esencial para identificar zonas más viables para su explotación. En este estudio, se estimaron rangos de porosidad a partir de datos de resistividad eléctrica obtenidos mediante sondeos magnetotelúricos (MT), evaluados en los límites teóricos de Hashin-Strikman (HS). Se analizaron las tres principales capas que conforman el acuífero y a partir de los datos de resistividad en combinación con los límites de HS se obtuvieron los correspondientes rangos de porosidad para cada capa. La capa más superficial presentó porosidades de entre 0.2 a 0.4, para la capa intermedia valores de 0.53 a 0.76, y la capa más profunda de entre 0.22 y 0.44. El análisis de estos resultados permitió concluir lo siguiente: i) Los valores de porosidad más altos coinciden con la capa que alberga el reservorio, determinada por los valores de resistividad más bajos ii) la aplicación de límites teóricos de HS para la estimación de rangos de porosidades del acuífero de Sabinas, ofrecen una alternativa analítica para obtener información que sirva para la gestión de los recursos hídricos de la zona

EG-29 CARTEL

GENERACIÓN DE UN MODELO 3D EN LA ZONA GEOTÉRMICA DEL GRABEN DE SANTIAGO PAPASQUIARO, DURANGO, A PARTIR DE DATOS MAGNETOTELÚRICOS

Jaramillo Flores Andrea¹, Corbo Camargo Fernando², Ávila Vargas Oscar¹ y Arzate Flores Jorge Arturo²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geociencias, UNAM

²Instituto de Geociencias, UNAM
andyj397@gmail.com

El graben de Santiago Papasquiaro, ubicado en el norte del estado de Durango, al este de la Sierra Madre Occidental, alberga varios manantiales termales con temperaturas de hasta 74 °C. La geología de la región se caracteriza por una sucesión volcanosedimentaria en las partes altas del graben, dominada principalmente por ignimbritas y riolitas de composición félsica a intermedia, mientras que el relleno sedimentario de la cuenca consiste en areniscas, conglomerados y depósitos lacustres. Con el objetivo de mejorar la comprensión de la geometría del graben y del sistema geotérmico que en él se desarrolla, se construyó un modelo tridimensional de resistividades eléctricas utilizando 34 sondeos magnetotelúricos de amplio espectro, los cuales se desplegaron a lo largo y ancho del graben. Para generar este modelo, se realizó una inversión 3D del tensor de impedancia completa. Durante el proceso, se exploraron distintas configuraciones de parámetros de inversión para identificar la más adecuada, logrando un ajuste óptimo entre los parámetros de regularización, las dimensiones del modelo y el margen de error de los datos. El modelo 3D de resistividad muestra una buena correlación entre la resistividad eléctrica y las estructuras geológicas cartografiadas. Además, revela un aumento significativo en los valores de resistividad eléctrica (>400 Omega m) en la zona de contacto entre el relleno sedimentario y el estrato basal, alcanzando una profundidad de aproximadamente 2000 m en el centro del graben. Las zonas altamente conductivas (1-10 Omega m), asociadas a fluidos provenientes de la actividad hidrotermal en la región, poseen una correlación directa con los manantiales de agua caliente en la superficie.

EG-30 CARTEL

DESARROLLO DE UN RESISTIVÍMETRO PARA EL USO EN LA BÚSQUEDA DE FOSAS CLANDESTINAS

Macías Peña Ari, Tostado Plascencia Miriam Marcela,
Huerta Avila Héctor y Sánchez Tizapa Marciano
Centro Universitario de los Valles, Universidad de Guadalajara
ari.macias6638@alumnos.udg.mx

Un problema derivado de la violencia en México, es la desaparición forzada de personas. Según datos de la Comisión Nacional de búsqueda del gobierno de México, el estado de Jalisco es uno de los que más presenta este problema, con un registro de 15,012 personas¹ desaparecidas y/o no localizadas. Ante esta situación y la respuesta insuficiente de las autoridades, los familiares de los desaparecidos, así como voluntarios se han organizado en grupos para realizar la búsqueda y localización de las personas. El trabajo realizado es destacado debido a que se han encontrado una gran cantidad de fosas con cuerpos de personas desaparecidas. En el presente proyecto, se pretende contribuir a facilitar la localización de fosas utilizando los métodos geofísicos tradicionales. Se ha desarrollado un resistivímetro de uso sencillo y además eficiente, poniendo la tecnología al alcance de los grupos colectivos de búsqueda. Se presentan los resultados de la primera etapa de desarrollo. El resistivímetro es capaz de medir la resistividad del subsuelo y de detectar anomalías respecto de los valores esperados en la resistividad natural conocida del material circundante del subsuelo en un área en la que se sospeche la presencia de una fosa clandestina. Como una segunda etapa, se trabajará para el desarrollo del software especializado, para que se pueda visualizar en una pantalla una tomografía de resistividad eléctrica que muestre los datos de una forma más gráfica mediante una escala de colores y su ubicación en profundidad y extensión. De este modo, observando la tomografía de resistividad eléctrica obtenida de determinado terreno, se tendrían elementos para tener una idea (aproximada e indirecta) del estado actual del subsuelo sin necesidad de realizar una excavación. Referencias Registro nacional de personas desaparecidas y no localizadas. (2024, Julio 10). Estadística del RNPDO. Versión Pública RNPDO - Dashboard CNB. Recuperado el 10 de Julio del 2024, de: <https://versionpublicarnpdno.segob.gob.mx/Dashboard/Sociodemografico>

EG-31 CARTEL

THE ANOMALOUS LITHOSPHERIC STRUCTURE UNDER THE TEHUANTEPEC ISTHMUS, INSIGHTS FROM TWO MAGNETOTELLURIC TRANSECTS AND SURFACE GEOLOGY

Arzate-Flores Jorge¹, Corbo Fernando¹, Fritz-Díaz Elisa² y Hernández-Vergara Rogelio²

¹Instituto de Geociencias, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

arzateja@geociencias.unam.mx

We present the results of two ~200 km magnetotelluric (MT) profiles aimed to study the lithosphere under the Tehuantepec Isthmus. The broadband MT soundings were gathered along two NE-SW profiles that go from the Pacific to the Gulf coasts. The MT profiles across the isthmus are located close the triple junction of the North America, Cocos, and Caribbean plates. It is a region of great complexity, where diverse tectono-stratigraphic terrains and regional fault systems converge into a narrow land space. The data were inverted using 2D and 3D algorithms in order to evaluate differences. The resulting model shows sharp electrical resistivity contrast along the profiles, defining dissimilar rock assemblages and successions in lateral contact. The spatial correlation of the resistivity model with the gravity and magnetic anomaly maps suggests a highly fragmented upper lithosphere, which seems to be a characteristic of the region. From this comparison we get a robust structural model across the isthmus that is consistent with the surface geology. The main geophysical contrast divides the Chiapas Massif Igneous and Metamorphic complex, a Proterozoic-Paleozoic uplifted basement in the center of the isthmus, from the Mazateco Complex to the south, a large and deep body that extends to lower crustal depths (~50 km). The deeply rooted resistive (>1,000 Ohm-m) massif basement includes an upper section of Jurassic-Cretaceous marine crustal rocks in the upper 4-5 km. Farther south, two upper crustal terrains can be distinguished, the Oaxaquia and the Xolapa complexes, overly the more conductive accretionary prism associated with the subduction of the Cocos plate. North of the Chiapas Massif lies the Campeche Basin, a flatland largely covered by a Pleistocene sedimentary sequence whose basement configuration is unknown. Under the Campeche Basin a more conductive lithosphere can be observed. The seismic moho is consistent with the resistivity structure of the lithosphere in that it is deeper under more resistive and thicker crust than under thinner, more conductive crustal blocks. The comparison of the conductivity distribution with preexisting deep seismic tomographic data points to a highly fractured and probably a more hydrated lithosphere in the region. Other regional features such as the uneven sea levels and subducting rates of the segmented Cocos plate at the trench, the change in subduction angles of the segments over short distances, and the reported mantle windowing under the isthmus suggest that the observed anomalous lithosphere under the Tehuantepec Isthmus could have been a consequence of the Chicxulub meteorite impact. Although the impact zone is over 600 km from this tectonic complex region, our results, and the evidence from other studies point to the possibility that the impacting meteorite could have penetrated the upper mantle, which affected not only the crust but the thin

marine lithosphere modifying the prevailing physical conditions farther and deeper than previously thought. PAPIIT UNAM IG100922.

Sesión regular

FÍSICA ESPACIAL

Organizadores

Esmeralda Romero Hernández
José Juan González Avilés

FE-1

MODELANDO EL IMPACTO DE OBJETOS MENORES DEL SISTEMA SOLAR EN ESCENARIOS TERRESTRES

Gutiérrez-Zalapa Raúl¹, Aguilar-Rodríguez Ernesto¹, Estevez-Delgado Joaquín², Rodríguez-Martínez Mario³, González-Esparza Juan Américo¹, Peralta-Mondragón Mateo³ y Sergeeva María⁴

¹Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM²Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, UMSNH³Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, UNAM⁴Catedrática del CONAHyT, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán (IGUM), LANCE-IGUM
rull12008@hotmail.com

En este trabajo se muestra la implementación de un código numérico que hace uso de parámetros fijos como: longitud, densidad, velocidad, ángulo de impacto con la superficie terrestre, así como del valor de la densidad en el lugar de impacto, para estudiar el choque y los efectos locales generados por la colisión de objetos menores del sistema solar con la superficie terrestre. Entre estos efectos se encuentra la energía liberada durante el proceso de impacto, el diámetro y la profundidad del cráter generado, la magnitud del sismo, las repercusiones debidas a la onda de calor y finalmente, los daños estructurales y a la población cercana al sitio de impacto. Para este análisis se usó como impactor teórico un objeto que se transitó sobre los cielos de la ciudad de Morelia el 19 de febrero de 2020 y que, debido a los efectos de arrastre y ablación, no impacto la superficie. Para contextualizar la relevancia de este tipo de fenómenos, se hicieron varios experimentos como la variación de la densidad del cuerpo considerando las composiciones de los asteroides, además de utilizar un perfil atmosférico plano-paralelo y de suponer lo que podría suceder si el cuerpo termina impactando la superficie terrestre. Se analizan y exponen los resultados de este modelo.

FE-2

MODELACIÓN FÍSICO-MATEMÁTICA DEL CLIMA PRIMITIVO DE MARTE

Gómez Hernández Osvaldo Abraham¹, Mendoza Castro Víctor Manuel² y González Guevara José Luis¹

¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP²Universidad Nacional Autónoma de México

bakuryu54@gmail.com

El presente estudio establece una modelación físico-matemática sobre el clima del planeta Marte de hace más de tres mil quinientos millones de años, con la intención de obtener información de las características primitivas en el planeta Marte, así como la estabilidad atmosférica y la interpretación de las estructuras areológicas. A través de los años se han realizado diferentes expediciones de exploración al planeta Marte que nos han dejado grandes evidencias areológicas como grandes cañones y canales de escorrentía que se asemejan en nuestro planeta como ríos esto nos hace deducir que, en su pasado existió un clima muy diferente al actual, la evidencia yace en sus estructuras que posee su superficie, lo que sugiere que en un periodo primitivo de Marte su atmósfera era cálida y húmeda capaz de mantener un ciclo hídrico que dieron paso a su relieve actual y la presencia de algunos minerales hidratados. Para realizar la simulación primitiva del planeta rojo se utilizará un modelo termodinámico global de Marte actual, el modelo consiste en simular la temperatura de la atmósfera y del regolito además de la presión atmosférica de Marte actual, así como los espesores de CO₂ de los casquetes polares utilizando las temperaturas de la atmósfera y su superficie para cada día marciano, determinado a partir de ecuaciones termodinámicas, se realizará la aplicación del modelo colocando las propiedades geofísicas primitivas de Marte, el modelo es el TCM (Modelo Termodinámico Climático) es un modelo global que simula la atmósfera en su totalidad, dinámico lo que significa que puede simular la evolución de la atmósfera basándose en un conjunto de ecuaciones que describen el movimiento de los gases en la atmósfera de Marte, permitiendo estudiar y comprender la transición de la atmósfera marciana determinando el potencial que puede tener para albergar un ciclo hídrico. Teniendo como principal objetivo simular el clima de Marte utilizando condiciones termodinámicas primitivas para comprender las condiciones ambientales que dieron paso a las estructuras areológicas que ahora posee el planeta rojo, al mismo tiempo realizar diferentes escenarios de Marte, por ejemplo el clima de Marte con océanos. Podemos deducir que el clima de Marte hace millones de años solía ser significativamente diferente al actual, su relieve en la

superficie del planeta y presencia de minerales hidratados como arcillas y filosilicatos indican que hubo predominancia de agua líquida, aumentando la posibilidad de la habitabilidad del planeta, sin embargo la historia de Marte ha ido evolucionando así mismo la investigación sobre el planeta rojo gracias a las exploraciones espaciales y nuevas tecnologías.

FE-3

ANÁLISIS DE PARÁMETROS DEL VIENTO SOLAR MEDIANTE DATOS DE CENTELLEO INTERPLANETARIO Y LA SONDA PARKER SOLAR PROBE

Barrón Cano Elvia Patricia¹, Carramiñana Alonso Alberto¹, Mejía Ambríz Julio César² y Niembro Hernández Rosa Tatiana³

¹Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, INAOE²Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM³Smithsonian Astrophysical Observatory

elvia.barron@inaoe.mx

El centello interplanetario identificado en la década de los 60 mediante radiotelescopios es una herramienta idónea para caracterizar la heliosfera interna de forma remota, logrando obtener información física global de la distribución del viento solar entre el Sol y la Tierra. Esta información es esencial para el monitoreo y estudio del Clima Espacial, en el que México participa desde el 2014 al establecer el Servicio de Clima Espacial México y dos años después con el Laboratorio Nacional del Clima Espacial (LANCE). Este trabajo tiene como objetivo colaborar en la automatización del análisis de las observaciones de centelleo interplanetario del MEXART, que opera con un back-end digital desde el 2020. Procesando la información registrada por éste hasta el 2023, por medio de programas en Python para el manejo de los datos, filtrado, obtención de espectros de potencia de centelleo e índices de centelleo. Con ello registrar información de velocidad y densidad del viento solar en un formato conocido mundialmente como WIPSS, del cual se puede extraer información para generar mapas del viento solar. Se completó el ciclo de desarrollo y pruebas de campo en el MEXART, recibiendo retroalimentación por parte de algunos investigadores y estudiantes de la UNAM, de miembros del LANCE y por la comunidad de centello interplanetario. Para algunos eventos, se complementaron los mapas de viento solar obtenidos con el MEXART, con los resultados de centelleo de LOFAR, ISEE y datos in situ de la Parker Solar Probe.

FE-4

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UN DETECTOR DE RAYOS CÓSMICOS SOLARES EN ITURBIDE, NUEVO LEÓN

Garza Salazar Adolfo¹, González Méndez Luis Xavier², Romero Hernández Esmeralda¹ y Pérez Tijerina Eduardo Gerardo¹

¹Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, UANL²Instituto de Geofísica, UNAM

adolfo.garza@gmail.com

Los rayos cósmicos solares o partículas energéticas solares (SEP), son iones de alta energía (protones, electrones o iones más pesados) que se originan en el Sol, generalmente durante las erupciones solares y las eyecciones de masa coronal (CME). Estas partículas pueden acelerarse a velocidades relativistas y plantean un reto importante para los detectores terrestres y espaciales debido a su capacidad para penetrar diversos materiales y causar daños por radiación o interferir con los sistemas electrónicos. En este proyecto se analiza la factibilidad de construir un detector de agua Cherenkov (WCD) para sondear las cascadas de partículas producidas por la entrada a la atmósfera de las SEP. Este WCD se instalará en el sitio donde se ubica el Observatorio Astronómico de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Universidad Autónoma de Nuevo León. El estudio se hace simulando las posibles partículas procedentes del sol que producen cascadas de partículas (EAS, por sus siglas en inglés) y cómo son afectadas las partículas secundarias debido a la rigidez umbral. La simulación de los rayos cósmicos solares es esencial para el diseño, instalación y funcionamiento de los detectores de agua Cherenkov. Este resultado se comparará con los flujos de partículas a diversas latitudes con el fin de entender las ventajas del sitio y pensar a futuro en una expansión del proyecto.

FE-5

INTEGRACIÓN DE ANTENA DIPOLO Y PYTHON PARA LA ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE SEÑALES DE RADIOFRECUENCIA A 20.1MHZ PARA RADIOTELESCOPIO JOVE

Mier Urbina Sergio y Méndez Patiño Arturo
Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Morelia
d10120954@morelia.tecnm.mx

Este estudio se centra en la observación y análisis de señales de radio emitidas por fuentes astronómicas, específicamente de Júpiter y el Sol, utilizando receptores de radio de bajo costo y accesibles para la comunidad científica y educativa. A lo largo de la investigación, se emplearon diversas configuraciones de equipos, en conjunto con antenas diseñadas para captar frecuencias de 20.1 MHz. El principal objetivo del trabajo es explorar las capacidades de estos dispositivos para detectar eventos de radio naturales, tales como tormentas solares y emisiones radioeléctricas provenientes de Júpiter. La metodología incluye la captura de señales, seguida de un análisis detallado mediante técnicas de procesamiento de señales, como la Transformada Rápida de Fourier (FFT). Los resultados obtenidos revelan una correlación significativa entre las señales captadas y eventos astronómicos específicos, validando así la eficacia del equipo utilizado para la monitorización de fenómenos radioastronómicos. Además, se discuten las implicaciones educativas de este tipo de investigaciones, promoviendo el uso de tecnologías accesibles para la enseñanza de ciencias espaciales y radioastronomía en niveles educativos básicos y avanzados. Este trabajo no solo contribuye al entendimiento de las interacciones electromagnéticas en nuestro sistema solar, sino que también abre la puerta a proyectos de investigación colaborativos en los que instituciones educativas y científicas pueden involucrarse en la observación continua de eventos astronómicos.

FE-6

TORMENTAS ESPEJO EN LA MAGNETOFUNDA DE MARTE

Rojas Castillo Diana Ivett y Vaquero Bautista Cristian Adrian
Instituto de Geofísica, UNAM
dianarc@igeofisica.unam.mx

El estudio de las interacciones onda-partícula desempeña un papel fundamental en la comprensión de la transferencia de momento y energía a través de una magnetofunda planetaria, desde el viento solar en la región río arriba del choque de proa hasta la magnetósfera. En la magnetósfera de Marte con frecuencia se observan estructuras de la inestabilidad tipo espejo, las cuales dominan sobre otros modos de onda en esta región. Lo anterior lleva a cuestionar la existencia de tormentas de modo espejo dentro de la magnetofunda marciana, similares a aquellas observadas en regiones de viento solar que están definidas como largos trenes de hoyos y picos en la magnitud del campo magnético que pueden durar horas. Utilizando datos de alta resolución de plasma y campo magnético medidos por la misión MAVEN, confirmamos la existencia de tormentas de modo espejo en la magnetofunda de Marte. Estudiamos las características de algunas tormentas observadas y sus posibles dependencias de factores como la beta del plasma y la distancia al choque de proa.

FE-7

FIRMA EN RADIO DE LA INTERACCIÓN ENTRE UN CASCO CORONAL Y LA FRONTERA DE UN HOYO CORONAL

Aguilar-Rodríguez Ernesto¹, Vourlidas Angelos², Corona-Romero Pedro³, Monstein Christian⁴, Reeve Whitham D.⁵, Romero-Hernández Esmeralda⁶, Andrade-Mascote Ernesto¹, Villanueva-Hernández Pablo¹, Peralta-Mendoza Iván A.⁶, Pérez-León José E.⁷ y Pérez-Tijerina Eduardo⁸

¹Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

²Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory: Laurel, MD, USA

³Cátedras-CONAHyC, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán

⁴Istituto ricerche solari Aldo e Cele Daccò (IRSOL), Faculty of Informatics,

Università della Svizzera italiana (USI), CH-6605 Locarno, Switzerland

⁵Reeve Engineers 2211 Kisse Ct. Anchorage, AK 99517, USA

⁶Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, UANL

ernesto@igeofisica.unam.mx

En este trabajo presentamos evidencia de la primera detección de la firma en radio de la fuerte compresión entre un casco coronal y la frontera de un hoyo coronal. Para ello, utilizamos observaciones en radio de las estaciones Callisto MEXICO-LANCE y ALASKA-HAARP, y observaciones en luz blanca obtenidas por los coronógrafos STEREO-A/COR1-COR2. El evento ocurrió a ~3.4 radios solares y produjo una emisión de radio intensa e inusualmente ancha en longitudes de onda métricas, posterior a un estallido Tipo II. La compresión es causada por la interacción entre una estructura que se expande (eyección de masa coronal + choque) y el casco coronal, en contra de la frontera del hoyo coronal.

FE-8

MODELADO NUMÉRICO DE EYECCIONES DE MASA CORONAL UTILIZANDO SUNRUNNER3D

González Avilés José Juan¹, Riley Pete², Ben-Nun Michal² y Orozo Plascencia Ozzy Rigoberto³

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM

²Predictive Science Inc., San Diego, EUA

³Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

jgonzaleza@enesmorelia.unam.mx

Las eyecciones de masa coronal (EMC) impulsan tormentas geomagnéticas que podrían afectar el entorno magnético de la Tierra. Por lo tanto, para describir sus propiedades se requiere el desarrollo de modelos sofisticados. En este trabajo, aplicamos sunRunner3D (SR3D), un nuevo modelo magnetohidrodinámico (MHD) global, capaz de simular la propagación de las EMC desde la corona exterior (31 Rs) hasta aproximadamente 1.1 UA. Empleamos el modelo de cono hidrodinámico y una configuración de campo magnético toroidal para representar las propiedades de las EMC como condiciones de frontera dependientes del tiempo, y su consiguiente propagación a través de la heliosfera interna. En particular, demostramos que SR3D puede interpretar las firmas de las EMC observadas por naves espaciales, incluidas las misiones cercanas a la Tierra (WIND, ACE), Parker Solar Probe y Solar Orbiter. Aunque SR3D actualmente admite una gama modesta de opciones y características, con la adopción de la comunidad internacional, podría convertirse en una herramienta valiosa para potenciales aplicaciones en el clima espacial.

FE-9

PERCEPCIÓN REMOTA DE VIENTO SOLAR EN LA HELIOSFERA INTERNA EN LA FASE ASCENDENTE DEL CICLO SOLAR 25 CON MEXART

Mejía-Ambríz Julio César¹, Aguilar-Rodríguez Ernesto², González-Esparza Juan Américo², Barrón Cano Elvia Patricia³, Barrón Martínez Griselda⁴, Villanueva Hernández Pablo² y Andrade Mascote Ernesto²

¹Instituto de Geofísica, UNAM, CONAHyC

²Instituto de Geofísica, UNAM

³INAOE

⁴UNAM

jamejia@igeofisica.unam.mx

El centelleo interplanetario (CIP) son fluctuaciones de intensidad de fuentes de radio extragalácticas (comunmente AGNs) al ser observadas por radiotelescopios. Estas observaciones permiten detectar propiedades del viento solar a diferentes distancias entre el Sol y la Tierra, incluso en distintas latitudes heliocéntricas. Aquí se reportan mediciones de velocidad de viento solar, en particular su evolución con la latitud heliocéntrica, usando CIP con MEXART del 2021 al 2023 y algunas detecciones de eyecciones de masa coronal captadas con el mismo método. Se muestra también un formato de información de viento solar que resulta del análisis de CIP, conocido como formato Worldwide Interplanetary Scintillation Stations (WIPSS), cuya información puede ser de utilidad para la comunidad de clima espacial. Con el formato se pueden generar imágenes 2D y 3D del viento solar y complementar datos in situ con naves espaciales (en particular Parker Solar Probe y Solar Orbiter), así como proveer información de entrada para modelos del medio interplanetario.

FE-10

ANÁLISIS DE ESPECTROS EN RAYOS-X DE RÁFAGAS SOLARES

Peralta-Mondragón Mateo¹, Rodríguez-Martínez Mario¹, Mejía-Orozco Jaquelin¹ y Gutiérrez-Zalapa Raúl²

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, UNAM

²Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM

mteo1002@gmail.com

Las ráfagas solares son eventos energéticos repentinos e intensos de radiación originados en la atmósfera de nuestra estrella y que se relacionan frecuentemente con las regiones activas (RA) (Canfield, 2001). Se caracterizan por explosiones repentinas de radiación en el intervalo de longitudes de onda de 1 – 8 Ångström (Å), medidas en (W/m²) (Messerotti et al., 2009) y clasificadas a través de una escala según su clase: A, B, C, M, y X, (Cinto et al., 2020; Kumar et al., 2021). Estudiar estos eventos es crucial para la comprensión de 1) la actividad solar, 2) para estudiar en detalle y tratar de predecir el clima espacial e incluso 3) para la generación de protocolos de protección de la tecnología. En este trabajo presentamos avances del análisis espectral de dichas emisiones que ocurrieron durante el ciclo solar 24. El estudio hizo uso de la base de datos de la misión RHESSI, considerando aquellos eventos más energéticos de este ciclo (clase X). Para los análisis respectivos utilizamos el software Solarsoft (IDL) y sus librerías HESSI y OSPEX, con la finalidad de obtener el espectro en rayos X de la emisión de estos eventos. Adicionalmente aplicamos modelos de ajuste a estos espectros, con la finalidad de obtener parámetros físicos de la fulguración que nos permitieron hacer una mayor descripción de la atmósfera solar al momento en el que ocurrió dicho evento. Adicionalmente hicimos uso también de Sunpy, librería de python para la generación de imágenes y contornos ilustrativos de la emisión en rayos X. Finalmente realizamos una comparación con trabajos previos para poder justificar el

uso de los modelos utilizados en cada evento y proponer alternativas para eventos más recientes correspondientes al ciclo solar 25.

FE-11

CORRELACIÓN ENTRE LAS REGIONES ACTIVAS Y LAS TORMENTAS GEOMAGNÉTICAS USANDO MODELOS DE IA

Martínez Salazar Daysi Aleida, Rodríguez Vázquez Axel Fernando,
Romero Hernández Esmeralda, Guerrero Peña Carlos Alberto,
Pérez Tijerina Eduardo Gerardo y Ibarra Rodríguez Paola Yizzel

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, UNAM
1808011daysimt@gmail.com

En este estudio se analizan los parámetros físicos de las EMC dirigidas hacia la Tierra para establecer su geoeffectividad. En paralelo se entrenará un modelo de IA para identificar y clasificar las manchas solares asociadas a las EMC y tormentas geomagnéticas. Las EMC fueron tomadas de la lista de Richardson and Cane para facilitar la identificación de los eventos que produjeron tormentas geomagnéticas, tomando aquellos eventos con velocidades igual o superior a los 500 km/s. Para determinar la intensidad y el origen de la tormenta, se usaron los índices: Dst y Kp, los cuales se compararon con los parámetros del plasma del viento solar. Analizaremos la conexión que hay entre la región activa, la tormenta solar y la geoeffectividad de la eyección.

FE-12

EVENTOS DE CLIMA ESPACIAL OBSERVADOS EN LATITUDES BAJAS QUE HAN AFECTADO SIGNIFICATIVAMENTE AL TERRITORIO MEXICANO DURANTE LA FASE ASCENDENTE DEL CICLO SOLAR 25

Sánchez García Elsa¹, González Esparza J. Américo¹, Corona Romero Pedro²,
Sergeeva María², González Méndez L. Xavier², Aguilar Rodríguez Ernesto¹,
Castellanos Velasco Carlos Isaac³, Gática Acevedo Víctor¹, Melgarejo Angela¹,
Caraballo Ramón¹, Romero Hernández Esmeralda¹ y Mejía Ambríz Julio C.²

¹Laboratorio Nacional de Clima Espacial, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM

²Investigadores por México, CONAHCYT

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

⁴Laboratorio Nacional de Clima Espacial, Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, UNAM
elsasg@igefisica.unam.mx

El Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE) tiene a su cargo una red de instrumentos para proporcionar datos regionales de baja latitud sobre diversos fenómenos meteorológicos espaciales tales como perturbaciones interplanetarias, geomagnéticas, así como ionosféricas; flujos de rayos cósmicos, estallidos de radio solares y corrientes geomagnéticamente inducidas. En este trabajo presentamos el análisis de un conjunto de eventos que alteraron significativamente el clima espacial en México durante la fase ascendente del ciclo solar 25 (2020-2024). Tales eventos generaron variación geomagnética e ionosférica en el territorio mexicano; afectaron el contenido total de rayos cósmicos y desencadenaron corrientes geomagnéticamente inducidas en la red eléctrica nacional. Las características de las estructuras interplanetarias que originaron estas variaciones son analizadas. Finalmente, examinamos las propiedades de las regiones fuente que generaron tales estructuras interplanetarias.

FE-13 PLÁTICA INVITADA

LA TORMENTA GEOMAGNÉTICA DEL 10 DE MAYO: AURORAS BOREALES Y OBSERVACIONES DE CLIMA ESPACIAL EN MÉXICO

González Esparza J. Américo¹, Sánchez-García Elsa¹, Sergeeva María¹,
Corona-Romero Pedro¹, González-Méndez Xavier¹, Rodríguez-Martínez
Mario², Aguilar-Rodríguez Ernesto¹ y Romero-Hernández Esmeralda³

¹Unidad Michoacán, Instituto de Geofísica, UNAM

²ENES Morelia, UNAM

³ECFM, UNAM

americo@igefisica.unam.mx

El 10 de mayo, el día de las madres en México, ocurrió una tormenta geomagnética severa (kKp ≥ 8) que duró más de 40 horas y produjo auroras polares visibles en regiones de nuestro país. Este evento, el más intenso desde 2003, fue provocado por una serie de tormentas solares que impactaron el entorno espacial de nuestro planeta. En México, este fenómeno marcó un hito significativo en las ciencias espaciales. No solo observamos una perturbación geomagnética inusual que generó auroras boreales en el país, sino que, por primera vez, medimos integralmente los efectos de un evento severo con nuestros propios instrumentos. Desde la creación del Servicio de Clima Espacial México (SCIESMEX) y el Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE), hemos pasado 10 años preparándonos para un evento de esta magnitud. Esta presentación aborda el contexto del evento y presenta las observaciones de las redes de instrumentos del LANCE incluyendo imágenes de la cromosfera solar en H-alfa, estallidos de radio solares, perturbaciones interplanetarias, geomagnéticas e ionosféricas, flujos de partículas energéticas y el monitoreo de corrientes inducidas geomagnéticamente en subestaciones estratégicas del sistema eléctrico nacional. Por primera vez, estamos en posición de responder qué sucede en México durante un evento severo de clima espacial.

FE-14

SUAVIZADO DE ESPECTROS DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LA ESTACIÓN DE RESONANCIA SCHUMANN

Rodríguez Osorio Daniel, Mendoza Ortega Blanca,
Andrade Mascote Ernesto y Pazos Espejel Marni

Universidad Nacional Autónoma de México

daniel@geofisica.unam.mx

En la estación de Resonancia Schumann, ubicada en Coeneo Michoacán, se obtienen datos de dicho fenómeno en el dominio del tiempo, se maneja una tasa de muestreo de 130 muestras por segundo, en un archivo se almacenan 10 minutos de información correspondiente a 3 canales asociados a 3 antenas (Hns, Hew y Ez), posteriormente se calcula de forma automática un espectro para cada archivo de datos almacenando esta nueva información en el dominio de la frecuencia en otro archivo; en la mayoría de las ocasiones los espectros se acompañan de ruido, en el presente trabajo se muestra un método para suavizar los espectros y eliminar los efectos del ruido con el objetivo de observar con mayor claridad los armónicos de la Resonancia Schumann, el método aplicado es la media móvil el cual ha sido implementado en Wolfram Mathematica

FE-15

ESTUDIO DE PATRONES DE ONDAS CÁUSTICAS OBSERVADOS POR CALLISTO, ASOCIADOS CON ONDAS DE GRAVEDAD ACÚSTICAS

Rodríguez-Martínez Mario¹, Aguilar-Rodríguez Ernesto², Romero-Hernández Esmeralda³, Varela-Mendez Ariana¹, Mejía-Orozco Jaquelin¹, Peralta-Mondragón Mateo¹ y Gutiérrez-Zalapa Raúl²

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, UNAM

²Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM

³Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, UNAM

mrodriguez@enesmorelia.unam.mx

Las ondas de gravedad acústicas (AGWs, por sus siglas en inglés), son oscilaciones de baja frecuencia que se propagan a través de la atmósfera impulsadas por una combinación de fuerzas de empuje y gravedad, (Xiao, S. et al., 2023). Estas ondas pueden interactuar con la ionosfera terrestre, induciendo perturbaciones y modulando la densidad del plasma de esta región a través interacciones entre ondas u onda-partícula (Wei, L. et al., 2021). Por otro lado, se ha observado que la propagación y comportamiento de las AGWs, también suelen relacionarse con patrones de ondas cáusticas (CWs, por sus siglas en inglés). Las CWs son fenómenos ondulatorios donde su energía se focaliza y amplifica debido a procesos de refracción en el medio. Trabajos recientes han destacado la importancia de entender la conexión entre estos dos tipos de ondas, así como sus implicaciones en el contexto ionosférico, (Koshevaya, S. et al., 2005; Punzmann, H. et al., 2014). En este trabajo presentaremos avances en la investigación realizada sobre patrones de CWs observados en el espectro dinámico de una estación de la red-CALLISTO el día 23 de enero de 2024. Dicha estación físicamente se ubica en el Mexican Array Radio Telescope (MEXART), en Coeneo Michoacán. El trabajo contempla la presentación de ideas sobre la formación de dichos patrones, así como su caracterización espacial y temporal a través de las AGWs observadas, y que generaron probablemente perturbaciones ionosféricas viajeras (TIDs, por sus siglas en inglés). Para esto último se requirió el análisis de las series de tiempo del contenido total de electrones vertical (vTEC, por sus siglas en inglés), obtenido de la estación de GPS UCOE, en el mismo sitio donde se encuentra la estación CALLISTO.

FE-16

IMPACTO DEL ECLIPSE SOLAR DEL 8 DE ABRIL DE 2024 EN EL CONTENIDO TOTAL DE ELECTRONES (TEC) EN MAZATLÁN, SINALOA

Carrillo Vargas Armando¹, López Urías Charbeth² y Nayak Karan²

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Universidad Autónoma de Sinaloa

armando@igefisica.unam.mx

En este estudio, analizamos el impacto del eclipse solar del 8 de abril de 2024 en la ionosfera, utilizando mediciones de Contenido Total de Electrones (TEC) obtenidas de estaciones GNSS distribuidas tanto dentro como fuera de la franja de totalidad del eclipse. El eclipse comenzó a las 9:51:23 am, con la fase total iniciando a las 11:07:25 am y finalizando a las 11:11:45 am. El evento concluyó a las 12:32:09 pm. En la franja del eclipse total, se ubicaron tres estaciones GNSS: SEPT, TRIM y PENT, situadas en la Isla de la Piedra en Mazatlán, Sinaloa. Fuera de esta franja, utilizamos estaciones de UCOE y UTEO como referencia. El estudio consistió en analizar la respuesta del TEC antes, durante y después del evento astronómico. Observamos que durante el eclipse se presentaron comportamientos anómalos en el TEC en comparación con el comportamiento promedio típico. En particular, se identificó una disminución del TEC asociada directamente con el eclipse, lo que confirma la influencia del fenómeno sobre la ionosfera. Para contextualizar los resultados, se llevó a cabo un análisis estadístico de los valores máximos y mínimos de TEC durante los 12 días previos al eclipse, utilizándolos como valores de referencia para la evaluación de las anomalías observadas. Este enfoque nos

permitted isolating the effects of the eclipse from other possible ionospheric influences. Cabe destacar que, debido a las diferencias en las capacidades técnicas de los receptores GNSS empleados dentro de la franja del eclipse total, que variaban en cuanto a precisión y costo, se observaron diferencias en las mediciones de TEC de hasta 5 TECU a lo largo del periodo de observación. Además, uno de los tres receptores (PENT) sufrió una considerable pérdida de datos durante el evento. Esta variabilidad en las mediciones subraya la importancia de considerar las características técnicas de los equipos en estudios comparativos de este tipo.

FE-17

LA TORMENTA DEL 10 DE MAYO:
ACTIVIDAD GEOMAGNÉTICA EN MÉXICO

Corona-Romero Pedro¹, Castellanos Velazco Carlos Isaac², González Esparza Juan Américo³, Villanueva Hernández Pablo⁴, Caccavari Ana⁵, Cifuentes Nava Gerardo⁶, Arzate Flores Jorge A.⁴, Corbo Camargo Fernando⁴ y Rodríguez Trejo Alejandro⁴

¹Servicio de Clima Espacial México, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM, SCIESMEX / IGUM-UNAM

²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

³Instituto de Geofísica, UNAM

⁴Instituto de Geociencias, UNAM

piter.cr@gmail.com

El pasado 10 de mayo una serie de eyecciones de masa coronal impactaron el ambiente espacial terrestre provocando afectaciones geomagnéticas e ionosféricas no vistas en décadas. Por primera vez México tuvo la capacidad de registrar a escala local el evento por medio de la infraestructura del Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE) y sus colaboradores. En este trabajo presentamos cómo se observó en México este evento desde la perspectiva del campo geomagnético. Esto se realiza a través de los índices regionales de actividad geomagnética calculados por la Red de Estaciones Geomagnéticas del LANCE. Adicionalmente, también presentamos los efectos en la red de distribución eléctrica de la CFE.

FE-18

COMPREHENSIVE STATISTICAL ANALYSIS OF
IONOSPHERIC DISTURBANCES DURING THE
INTENSE GEOMAGNETIC STORM OF MAY 10, 2024

Nayak Karan¹, Carrillo-Vargas Armando², López Urias Charbeth¹, Cifuentes Nava Gerardo² y Caccavari Garza Ana²

¹Universidad Autónoma de Sinaloa

²Instituto de Geofísica, UNAM

karannayak203@gmail.com

This study provides a comprehensive statistical analysis of ionospheric responses to the geomagnetic storm on May 10, 2024, which was marked by an intense Dst index of -418nT, the most severe in recent decades. Utilizing high-resolution Total Electron Content (TEC) data from 15 Continuously Operating Reference Stations (CORS) strategically centered around the Teoloyucan Magnetic Observatory, the analysis focused on diurnal variations observed in April and May 2024, capturing the storm's full impact. Significant deviations in TEC values were observed across all stations, closely aligning with the storm's onset and peak intensity, clearly illustrating the ionosphere's response to geomagnetic forcing. A detailed comparison with quiet days revealed pronounced anomalies, particularly during the storm's most active phases, underscoring the event's disruptive effects on the ionosphere. The study found that the mean TEC deviation reached approximately 60 TECU across all stations, with a standard deviation of about 10 TECU on the storm day, indicating considerable variability in ionospheric conditions. A refined Pearson correlation analysis showed a sharp decline in correlation coefficients, dropping below 0.25 at the storm's peak, confirming the direct influence of geomagnetic activity on TEC variations. The p-value analysis provided robust statistical significance, reinforcing that these fluctuations were not random but directly attributable to the geomagnetic storm. Moreover, similar response patterns were observed at the Teoloyucan Geomagnetic Station, which reinforced the consistency and reliability of these findings across different geographic locations. These results deepen our understanding of ionospheric behavior during extreme geomagnetic events and offer valuable insights into the complex interactions between the ionosphere and geomagnetic storms. Keywords: Geomagnetic Storm; Total Electron Content (TEC); Ionospheric Response; CORS; Pearson Correlation Analysis.

FE-19

ESTIMACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS
DE LAS MSTIDS USANDO DATOS DEL GNSS

Romero Hernández Esmeralda¹, Salinas Samaniego Federico², Jonah Olusegun F.³, Aguilar Rodríguez Ernesto⁴, Rodríguez Martínez Mario⁵, Picanço Giorgio A. S.⁶, Denardini Clezio⁷, Pérez Tijerina Eduardo¹, Sergeeva Maria⁴ y González Esparza Américo⁴

¹Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, UANL

²CIMAT, Monterrey

³SRI International, Geospace

⁴Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

⁵Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM

⁶Research and Development Institute, University of Vale of Paraíba

⁷Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, Brazil

cefeysda_esm@yahoo.com.mx

Se realizó un análisis estadístico de las propiedades físicas de las perturbaciones ionosféricas viajeras de mediana escala (MSTIDs), registradas durante 2018-2019 (mínimo de actividad solar). El análisis se basa en las mediciones de seis receptores del Global Navigation Satellite System (GNSS) ubicados en distintas posiciones sobre México: PTEX y PALX (región oeste), MNIG y UCOE (región centro), y CN24 y UNPM (región este). El análisis espectral arroja periodos coincidentes con los reportados para las MSTIDs, las cuales son más recurrentes cerca del terminador nocturno.

Sesión regular

GEODESIA

Organizador
Guillermo Cisneros

GEOD-1

MONITOREO DE SUBSIDENCIA EN LA CUENCA DE CERRO PRIETO MEDIANTE LAS TÉCNICAS MT-INSAR Y GPS

Sarychikhina Olga, Glowacka Ewa, González Ortega Alejandro y García Meza Ignacio

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

osarytch@yahoo.com

El fenómeno geológico de subsidencia en la cuenca de Cerro Prieto, en el Valle de Mexicali, se atribuye principalmente a actividades antropogénicas, especialmente la explotación de recursos geotérmicos para la generación de electricidad en el Campo Geotérmico de Cerro Prieto (CGCP). Este estudio investiga el proceso de subsidencia del terreno utilizando técnicas InSAR multitemporales (MT-InSAR). Específicamente, se han aplicado las técnicas SBAS (Small Baseline Subset; Berardino et al., 2002) e IPTA (Interferometric Point Target Analysis; Werner et al., 2003) a imágenes adquiridas a lo largo de los pasos orbitales descendente y ascendente de Sentinel-1 para obtener la tasa de desplazamiento del terreno y las series temporales de desplazamiento para el período 2015-2023. La tendencia general de desplazamiento del terreno de los resultados de SBAS e IPTA es coherente, y las tasas de desplazamiento en las zonas de producción y de recarga del CGCP disminuyen gradualmente durante los nueve años analizados. Sin embargo, los datos de desplazamiento del terreno derivados de SBAS tienen una distribución espacial más uniforme, cubriendo una porción mayor del área de estudio en comparación con los datos derivados de IPTA, lo que indica que este enfoque es más adecuado para investigaciones regionales de desplazamiento del terreno. Se utilizaron las series de tiempo de posición GPS derivadas de los registros de dos estaciones ubicadas dentro de la cuenca de Cerro Prieto para validar los resultados obtenidos mediante MT-InSAR. Se encontró una buena concordancia entre los resultados de MT-InSAR y los datos de GPS, lo que sugiere una alta fiabilidad de los resultados obtenidos con MT-InSAR. El período analizado se amplió integrando los hallazgos de trabajo previo (Sarychikhina et al., 2018) con los resultados de este estudio, lo que permitió reconstruir la historia de la evolución de la subsidencia durante 30 años, de 1993 a 2023. Esta evolución de tres décadas de subsidencia se comparó con los cambios en la explotación del CGCP, determinando que la evolución de la explotación del CGCP influye de manera significativa en la tasa y el patrón del desplazamiento de la superficie terrestre y altera el flujo de fluidos subterráneos.

GEOD-2

ANÁLISIS COMPARATIVO DE DATOS GEODÉSICOS NACIONALES CON MODELOS GLOBALES DE GEOPOTENCIAL

Lau González Ricardo

Universidad Nacional Autónoma de México

rlau@atmosfera.unam.mx

La Geodesia es una ciencia clave para establecer sistemas de referencia esenciales en la observación de la Tierra, navegación, cálculo de órbitas satelitales y cartografía. En México, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) es responsable de la cartografía y datos geodésicos del país, asegurando que la información sea actualizada y consistente con estándares internacionales bajo la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG). En 2015, la Asociación Geodésica Internacional (IAG) propuso el Sistema Internacional de Alturas (IHRF), un nuevo estándar apoyado por la ONU, que busca fortalecer los sistemas globales de referencia necesarios para tecnologías GNSS. En este marco, el proyecto PAPIIT IN115724 analiza y procesa los datos de la Red Geodésica Nacional Pasiva del INEGI, transformando alturas geométricas en físicas, y comparando estos datos con modelos globales de geopotencial, combinando Geodesia Física y Satelital para generar estadísticas y mapas interpretativos que faciliten la comprensión de la información geodésica nacional e internacional.

Sesión regular

GEOHIDROLOGÍA

Organizadores

Janete Morán Ramírez
José Alfredo Ramos Leal

GEOH-1

AQUA-MX: PLATAFORMA INFORMÁTICA DE DISPONIBILIDAD DE AGUA EN MÉXICO

Torres Rodríguez Vicente^{1,2} y Bolongaro Crevenna Recaséns Andrea¹¹Academia Nacional de Investigación y Desarrollo AC, ANIDE²Facultad de Ingeniería, DICT, UNAM
vicente.torres@anide.edu.mx

1. Descripción. Aqua-Mx es una plataforma informática que tiene como objetivo dotar a los ciudadanos de un sistema de información sobre la disponibilidad de agua en cualquier punto del país con una resolución espacial de una hectárea y periodicidad de diez días. Se pretende que la plataforma se convierta en un instrumento de incidencia para la gestión integrada de las cuencas de México, por medio de información accesible a todos los sujetos sociales, de manera gratuita y actualizada. La filosofía central es el ciclo socio natural del agua en el entorno de las cuencas naturales. Para ello utiliza las principales variables del ciclo socio natural del agua, unas definidas por el entorno natural como la climatología, la hidrología y los ecosistemas, y otras por los sujetos sociales como la extracción, la calidad del agua, la demografía, el uso y la conservación. Las variables climáticas como la precipitación, evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración, entre otras, se cuantifican con una temporalidad de diez días a una resolución geográfica de 100 metros, por medio de sistemas satelitales diversos (ESA, NOAA, JAXA), mientras que las del entorno hídrico-social se estiman primero del análisis de la información oficial de concesiones y asignaciones de agua (REPD), estadísticas sociodemográficas (INEGI), y otras mediante algoritmos de consumo basados en el crecimiento de los cultivos y de la vegetación natural, estimando los volúmenes de agua que los sostienen (ANIDE). De esta manera dentro de la temporalidad y resolución espacial mencionados, puede hacerse una estimación del balance hídrico decenal hasta la escala de una hectárea, con cobertura de todo el país y estimaciones de disponibilidad de agua. Al contar con información pixel a pixel, la obtención de balance hídrico para diversas geometrías geográficas hace posible obtenerlo para entidades como AGE, municipio, estado, cuencas, subcuencas y regiones hidroclimáticas. 2. Incidencia. Que los sujetos sociales cuenten con acceso irrestricto a la información sobre el agua los dotará de una herramienta para la planificación transformadora de su entorno de agua tanto local como de la cuenca donde habitan; fundamentar con datos sus reclamaciones y ejercicio del derecho al agua; conocer las cantidades de agua que se emplean en los diversos usos (población, industria, agricultura) y conocer la calidad del agua. Un caso particular es la obtención de información sobre los consumos de agua por los cultivos, por medios satelitales, a la escala de predio, donde a nivel piloto (caso de la Comarca Lagunera) pueden realizarse estimaciones satelitales de los volúmenes de riego aplicados, así como de la estimación de las constantes de cultivo que facilitan conocer los estados de los ciclos fenológicos y agrícolas a escala de predio. 3. Agradecimientos. La plataforma Aqua-Mx es resultado de un proceso colaborativo realizado entre la Academia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANIDE) y el proyecto 319013, Disponibilidad de agua en México, balance multidimensional, el cual fue financiado por los Programas Nacionales Estratégicos de Conahcyt, el Pronace Agua.

GEOH-2

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA BM-RECHARGE PARA EL ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE LAS COMPONENTES DEL BALANCE DE AGUA EN LA CUENCA DE MÉXICO

Arciniega Esparza Saúl, Hernández Espriú Antonio,
Salinas Calleros Gabriel y González Ortigoza Sergio
Universidad Nacional Autónoma de México
zaul_ae@hotmail.com

La Cuenca de México (CM) presenta un estrés hídrico importante debido a la alta demanda de agua superficial y subterránea, por lo que la evaluación de los flujos naturales de infiltración y recarga de agua a los acuíferos se vuelven clave para la gestión del recurso. Para simplificar el análisis de estas componentes, y otras que intervienen en el ciclo hidrológico, se presenta en este trabajo a la plataforma BM-Recharge, una aplicación web de apoyo a la gestión del agua en la CM. La plataforma ha sido desarrollada con herramientas de código libre e incorpora los resultados para la CM del modelo numérico Soil Water Balance del USGS alimentado con

bases de datos globales de acceso gratuito. Con esta información se presenta el desarrollo de la plataforma y los desafíos e incertidumbre en la estimación de la recarga potencial para la CM con distintas combinaciones de bases de datos. Adicionalmente, se presenta el caso de análisis de la evaluación espacio temporal de la recarga potencial para el periodo del 2001 al 2023 a partir de BM-Recharge. Con los resultados obtenidos se pudo determinar que, de manera general, cerca del 6% de lo que llueve en la cuenca se convierte en recarga potencial para los acuíferos, sin embargo, en las serranías la recarga potencial puede representar de entre el 10 y 20% de la precipitación anual, siendo la Sierra de las Cruces, Sierra de Chichinautzin y Sierra Nevada las principales zonas de recarga potencial. Finalmente, se resaltan los retos y las oportunidades en la estimación del balance de agua en la CM, particularmente en la estimación de la recarga a partir de datos globales. La plataforma BM-Recharge está disponible en <http://bm-recharge.ingenieria.unam.mx> y ha sido financiada Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) No. TA100823 provisto por la DGAPA-UNAM.

GEOH-3

APRENDIZAJE POR REFUERZO PARA LA GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS Y ACUÍFEROS: UNA PERSPECTIVA A NIVEL NACIONAL EN MÉXICO CON ÉNFASIS EN BAJA CALIFORNIA SUR

Ortega Roberto¹, Carciumaru Dana² y Cazares Alexandra³¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE - Unidad La Paz³Universidad Autónoma de Baja California Sur

ortega@cicese.mx

El Aprendizaje por Refuerzo (RL, por sus siglas en inglés) es un método que enseña a los agentes a tomar decisiones informadas en diversos entornos a través de ensayo y error, con el objetivo de maximizar una función de recompensa y descubrir la función Q-learning óptima para la toma de decisiones. En este estudio, aplicamos RL a una simulación de gestión del agua basada en reglas, utilizando un enfoque de aprendizaje profundo para la función de valor Q-learning. El modelo de RL entrenado puede aprender del entorno y tomar decisiones en tiempo real. Nuestro enfoque ofrece un método imparcial para analizar escenarios complejos de cuencas hidrográficas, proporcionando una función de recompensa como métrica analítica al mismo tiempo que se optimiza el tiempo de toma de decisiones. En general, este trabajo subraya el potencial del RL para abordar problemas complejos, que requieren exploración, toma de decisiones secuenciales y aprendizaje continuo. Variables externas como cambios en políticas, que no se integran fácilmente en el modelo, pueden influir sustancialmente en los resultados. Una vez establecido un modelo con los estados y acciones mínimos requeridos, el proceso de aprendizaje subsiguiente es relativamente sencillo, dependiendo de la selección de algoritmos de modelos de RL apropiados. Su aplicación depende del problema específico. El principal desafío en este enfoque de modelado radica en la definición del modelo, específicamente en el diseño de agentes y acciones que se apliquen a escenarios complejos. Nuestro ejemplo específico fue diseñado para abordar los desafíos recientes de toma de decisiones relacionados con la construcción de presas debido a la escasez de agua. Presentamos dos ejemplos: uno desde una perspectiva nacional en México y otro centrado en Baja California Sur, el estado con mayor estrés hídrico. Nuestros resultados demuestran nuestra capacidad para priorizar eficazmente las cuencas hidrográficas para obtener los mayores beneficios, especialmente en la construcción de presas.

GEOH-4

CARACTERIZACIÓN DEL ACUÍFERO DE ZIMAPÁN, HIDALGO, BASADO EN LA METODOLOGÍA GHIF (GEOFÍSICA, HIDROGEOQUÍMICA, ISOTOPIA, FÍSICOQUÍMICA) PARA FINES AMBIENTALES

Espinoza Juárez Tania Karen, Morales Arredondo José Iván y Ramos Organillo Francisco Javier

Universidad Nacional Autónoma de México
tan.count1324@gmail.com

La región de Zimapán, Hidalgo, ubicada en la cuenca hidrográfica del Tolimán, Hidalgo, enfrenta problemas de contaminación en el agua subterránea por las elevadas concentraciones de arsénico (As) (y en algunos casos de fluoruros

(F-)). Esta contaminación está asociada con la presencia de diversos yacimientos minerales enriquecidos en sulfuros metálicos como piritita, arsenopiritita, entre otros. Su origen tiene raíz en dos eventos de mineralización; el primero asociado con intrusiones y el segundo de tipo hidrotermal, dichos eventos han propiciado una abrupta geomorfología y deformación principalmente en la secuencia carbonatada misma que es recubierta por sedimentos volcánicos, motivo por el cual resulta complicado caracterizar estructuras geológicas que tienen continuidad a profundidad y que pueden influir en el sistema acuífero de la cuenca. El objetivo de este trabajo fue localizar y caracterizar las formaciones geológicas que pueden estar relacionadas con la presencia de As (y en algunos casos de F-) en el agua subterránea de algunos sitios que controlan la dinámica del acuífero, así como formaciones estructurales que sirven como fuente y conducto del transporte de estos solutos. Resultados previos de geofísica potencial se emplearon para caracterizar regionalmente e inferir estructuras a profundidad, las cuales son difíciles de identificar con otra metodología. Con esta información se construyó un modelo directo e indirecto del acuífero de Zimapán, que con base en el análisis integral de las anomalías gravimétricas y aeromagnéticas se llegó a una asociación con las formaciones geológicas que predominan en la zona. Las estructuras se correlacionaron con la respuesta hidrogeoquímica misma que responde a la distribución, concentración y procesos que tienen lugar en algunos compuestos y/o elementos de interés; la fisicoquímica va de la mano con la hidrogeoquímica y las estructuras geológicas ya que aporta información sobre las condiciones de acidez-basidad, oxido-reducción y temperatura que dominan en el sistema; los isótopos de ^{18}O , ^2H y ^{13}C , brindan información acerca de la naturaleza de la fuente de contaminación. La integración de métodos geofísicos e hidrogeoquímicos en el estudio del Acuífero de Zimapán proporciona una visión holística de su dinámica subsuperficial y calidad del agua, debido a la identificación de lineamientos, fallas y cuerpos intrusivos que se correlacionan con la distribución de elementos traza, destacando así a utilidad de la combinación de ambas técnicas. Palabras clave: Arsénico, Floruro, hidrogeoquímica, geofísica, contaminación, acuífero, geología.

GEOH-5

HIDROGEOQUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SIERRA DE CATORCE Y EL ACUÍFERO MATEHUALA EN EL ALTIPLANO POTOSINO

Hernández-Pérez Eliseo, Ramos-Leal José Alfredo,
Morán-Ramírez Janete y Marín-Celestino Ana Elizabeth

IPICYT

iqahernandez@gmail.com

El Altiplano Potosino está ubicado en la intersección entre las provincias geológicas de la Sierra Madre Occidental y la Mesa Central. La Sierra de Catorce es la estructura geológica más importante en el extremo norte del Altiplano Potosino y es el partaguas entre los acuíferos administrativos y las Cuencas de Catorce y Matehuala. La Sierra de Catorce es una un pilar tectónico plegado expresado como un macizo montañoso siendo estructura elevada que supone una gran importancia para recolectar y recargar agua subterránea en los acuíferos locales. Las elevaciones en la base de los valles de Catorce y Matehuala son de 1,600 m.s.n.m. respectivamente; mientras que las elevaciones topográficas en la Sierra de Catorce van hasta los 3,100 m.s.n.m. en su parte superior. Las Cuencas de Catorce y Matehuala son cuencas exorreicas con redes de drenaje de tipo dendrítico durante la temporada de lluvia. Se realizó la integración de la geológica, hidrogeoquímica e isótopos estables para establecer un modelo conceptual que permita comprender los procesos de recarga de aguas subterráneas en el acuífero de Matehuala. La hidrogeoquímica permite identificar que las aguas de los manantiales en la Sierra de Catorce son de recarga meteórica local reciente. Las aguas subterráneas en el acuífero de Matehuala son altamente mineralizadas y se agrupan en dos facies hidrogeoquímicas. ($\text{SO}_4\text{-Cl-Ca+Mg}$ y $\text{SO}_4\text{-Cl-Na+K}$). Estas características sugieren la presencia de dos unidades hidroestratigráficas que aportan agua subterránea al acuífero del valle de Matehuala.

GEOH-6

UNA IDENTIFICACIÓN DE LOS MECANISMOS DE REMOCIÓN DE ARSÉNICO CON ROCAS CALIZAS UTILIZADAS COMO MATERIAL FILTRANTE EN COLUMNAS DE PERCOLACIÓN

Sosa Islas Antonio Salvador¹, Armienta Hernández María Aurora²,
Loredo Portales René³, Aguayo Ríos Alejandra² y Cruz Ronquillo Olivia²

¹ Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM² Instituto de Geofísica, UNAM³ Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM

cepa_64@hotmail.com

Las altas concentraciones de arsénico (As) en el agua subterránea del municipio de Zimapán, estado de Hidalgo, México, han llevado a la búsqueda de soluciones para resolver esta problemática. Este estudio propone el uso de roca caliza nativa del sitio para la remoción de As. El material filtrante utilizado es roca caliza perteneciente a la Formación Soyatal del Cretácico Superior. Para la experimentación se utilizaron siete columnas de percolación empacadas con la roca, con un tamaño de partícula entre 0.5 y 1.41 mm, en las cuales se trataron soluciones preparadas en el laboratorio con 1.2 mg/L de arseniato (AsO_4^{3-}) y en coexistencia con uno de los siguientes iones: fluoruro (F-) a 2.6 y 5.2 mg/L; cloruro (Cl-) a 10 y 100 mg/L; sulfato (SO_4^{2-}) a

80 y 240 mg/L; y bicarbonato (HCO_3^-) a 30 mg/L, durante 18 semanas. Además, se analizaron los residuos sólidos generados de las columnas de percolación mediante espectroscopía de absorción de rayos X (XAS, X-ray absorption spectroscopy) en el Elettra Synchrotron Trieste. Se utilizaron compuestos modelo preparados mediante pruebas en lote con CaCO_3 (grado reactivo) y soluciones con agua desionizada y $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ a distintas concentraciones (300 y 12,000 ppm de As). Con el objetivo de realizar la especiación, es decir, la identificación de las principales especies de As presentes en las muestras, se utilizó el programa de cómputo: ATHENA computer program: XAS Data Processing para este propósito, y el ajuste de los espectros EXAFS (extended X-ray absorption fine structure spectra) para caracterizar los entornos de coordinación local del arsénico en las muestras con el programa informático: Artemis: EXAFS Data Analysis using Feff with Larch or Ifeffit. De acuerdo con los resultados, los lixiviados presentaron concentraciones de As por debajo del límite permisible para agua de uso y consumo humano establecido por la norma oficial mexicana NOM-127-SSA1-2021. Se identificó al ion HCO_3^- como el principal ion interferente en el proceso de remoción de AsO_4^{3-} . Además, el estudio de la especiación y ambiente de coordinación sugieren que la remoción de As por la calcita puede producirse mediante diferentes mecanismos, principalmente (1) la adsorción (formando complejos superficiales de esfera interna compartiendo esquina) y (2) la coprecipitación/incorporación (reemplazando AsO_4 en el sitio del carbonato). Estos estudios permitieron evaluar la labilidad del As en los residuos sólidos y explorar la posibilidad de reincorporarlos al medio ambiente sin riesgo de contaminación del agua subterránea. La estabilidad de las especies químicas formadas genera resultados prometedores para proponer la aplicación generalizada del material geológico como material filtrante y disponer de los residuos de manera ambientalmente responsable. Se agradece el apoyo de la DGAPA (Proyecto PAPIIT IN106121) para la realización de estos estudios.

GEOH-7

IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS HIDROGEOQUÍMICOS EN EL ACUÍFERO DEL VALLE DE TEHUACÁN

Ramos-Leal José Alfredo¹, Pérez Ávila Karla²,
Fuentes Rivas Rosa María¹ y Morán Ramírez Janete¹

¹ Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT² Posgrado de Geociencias Aplicadas, IPICYT

jalfredo@ipicyt.edu.mx

El Valle de Tehuacán ha sido famoso por su agua mineral, como la desaparecida "agua de Tehuacán", se localiza en el sur del Estado de Puebla y abarca parcialmente el norte del Estado de Oaxaca y al oeste del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. El valle se aloja sobre los terrenos tectonoestratigráficos Oaxaca, Mixteco y Maya. Las edades de las rocas en el área, van del Precámbrico hasta el Cuaternario. Las rocas más antiguas pertenecientes al Proterozoico corresponden a los basamentos e intrusivos ígneos de los terrenos. Si bien, en la región existe numerosos manantiales, en los últimos años, la región se visto con problemas de abastecimiento de agua, motivo por el cual es importante estudiar su origen y sus características físico químicas. Se identificaron los tipos de agua Ca-HCO_3 , Na-Cl , Na-HCO_3 , Ca-Mg-Cl y Na-Ca-HCO_3 . Algunas de este tipo de facies representan mezclas de aguas subterráneas, resultado de la interconexión de flujos provenientes del noroeste y noreste que llegan a la zona central del Valle y continúan hacia el sureste. Se identificaron tres tipos de flujo, siendo el intermedio el flujo dominante, se identificaron dos zonas de recarga principales representadas por flujo local; hacia el sureste predomina el flujo regional, que se asocia con la dirección de evolución natural. Los procesos hidrogeoquímicos dominantes en la zona de estudio son mezclas, procesos de interacción agua roca, intercambio iónico, intercambio iónico inverso, evaporación, disolución de carbonatos y meteorización de silicatos.

GEOH-8

COMPORTAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA Y VULNERABILIDAD ACUÍFERA EN LA ZONA HIDROGEOLÓGICA DE VALLE DE SAN LUIS POTOSÍ - VILLA DE REYES

Almanza Tovar Oscar Guadalupe y Ramos Leal José Alfredo

Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

oscar.almanza@ipicyt.edu.mx

El rápido crecimiento de la población en las zonas urbanas acentúa los acuíferos subyacentes tanto en cantidad como en calidad. La identificación de las características de niveles estéticos de agua, superficie de terreno, calidad y vulnerabilidad de los acuíferos ayuda a los tomadores de decisiones a gestionar los recursos de agua subterránea y mitigar las posibles vías de afectación. Para ello, las unidades que componen los sistemas acuíferos complejos deben evaluarse por diferentes metodologías debido a sus características hidrogeológicas únicas. En este estudio se utilizaron tres métricas (DRASTIC, ICA y ICON) para identificar zonas susceptibles. La evaluación del área de estudio se emplearon las siguientes metodologías: vulnerabilidad del acuífero a través de DRASTIC; y calidad del agua usando el índice de calidad del agua (WQI) y el índice de contaminación (Cd). Estas métricas se aplicaron a un estudio de caso de un sistema acuífero en el Valle de San Luis Potosí (VSLP). El sistema consta de tres unidades: un acuífero no confinado; un acuífero medio granular; y un acuífero profundamente fracturado. En este análisis, el medio granular y el acuífero fracturado profundo se agruparon como una unidad. La vulnerabilidad del acuífero en el acuífero no confinado tiene una alta vulnerabilidad

en la zona urbana. Considerando que, el acuífero medio-profundo se clasifica como de vulnerabilidad baja a media. Según los índices WQI y Cd, el acuífero no confinado está altamente contaminado debido a su proximidad al área urbana. Por otro lado, el acuífero de profundidad media muestra una excelente calidad de las aguas subterráneas. Estos resultados son consistentes con la hipótesis de una conexión hidráulica limitada o nula entre el acuífero de profundidad media y el acuífero no confinado. Mediante a lo cual, se caracteriza el entorno de la dinámica en relación a la calidad y vulnerabilidad del sistema acuífero en la región.

GEOH-9

DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO VICTORIA - GUÉMEZ A TRAVÉS DEL MÉTODO DRÁSTIC

Vázquez-Guevara Luis Gerardo, Ventura-Houle René, Requena-Lara Glenda Nelly, Peña-Alonso Tomás Alejandro y Guevara-Mansilla Oscar
Universidad Autónoma de Tamaulipas
 gerardoovgt@gmail.com

En el estado de Tamaulipas, se carece de estudios que aborden la situación del agua subterránea. En áreas con alto crecimiento urbano, la vegetación se reduce y la topografía del terreno cambia, lo que disminuye la infiltración del agua. La generación de mapas de vulnerabilidad es una herramienta importante para la protección y gestión de este recurso. El objetivo principal de este trabajo fue evaluar la vulnerabilidad intrínseca del acuífero Victoria-Güémez, utilizando el método DRÁSTIC y el modelador WaterYield de InVEST 3.7, que considera datos biofísicos del suelo y de las plantas para estimar el factor de recarga. Los resultados identificaron que la mayor vulnerabilidad del acuífero se encuentra dentro y alrededor de las áreas urbanas con mayor superficie, mientras que la menor vulnerabilidad se ubicó en zonas con alta profundidad del nivel freático y baja permeabilidad en la zona vadosa. Este trabajo representa un primer avance en la generación de herramientas de gestión del agua subterránea, estableciendo líneas de acción para la administración del recurso en acuíferos sobreexplotados.

GEOH-10

FACTORES QUE CONTROLAN LA CALIDAD DE AGUA EN UN ACUÍFERO VOLCANO-SEDIMENTARIO, CASO DE ESTUDIO: ACUÍFERO VALLE DE PUEBLA

Rubio Arellano Ana Beatriz, Ramos Leal José Alfredo y Morán Ramírez Janete
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
 ana.rubio@ipicyt.edu.mx

Este estudio se enfoca en el uso de múltiples índices agrícolas y diagramas de diagnóstico de aguas de riesgo, como Wilcox y USSL, para determinar los riesgos de salinidad en el acuífero del Valle de Puebla. Los resultados indican que la evolución del agua subterránea controla la calidad del agua. Sin embargo, las actividades antropogénicas relacionadas con el uso de fertilizantes y el retorno del agua de riego a través de los afluentes del río Atoyac también modifican la química del agua subterránea de este sistema. Los principales procesos naturales que controlan la química del agua son la interacción agua-roca, la mezcla y el intercambio iónico. Para este estudio, se recolectaron un total de 71 muestras distribuidas en todo el acuífero y se midieron diferentes parámetros fisicoquímicos in situ para caracterizar el sistema. Las familias de agua predominantes son de tipo HCO₃-Mg y HCO₃-Ca. La presencia de un alto contenido de sales minerales en el agua sugiere la necesidad de un monitoreo y control continuo de la salinización en el acuífero.

GEOH-11

IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS DE RECARGA Y MODELO DE MEZCLA MULTIVARIADO EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO QUERÉTARO

Hernández-Pérez Eliseo¹, Levresse Gilles² y Carrera-Hernández Jaime²
¹IPICYT
²Geo, UNAM
 iqahernandez@gmail.com

La cuenca del Río Querétaro (CQR) tiene una extensión de 2,507 km² y contiene en su totalidad los acuíferos administrativos de Buenavista, Amazcala, Querétaro y Huimilpan; así como parcialmente los acuíferos administrativos de San Juan del Río y Celaya. La parte alta de la cuenca del Río Querétaro forma parte de la cabeza hidráulica de la cuenca Lerma-Chapala y por sus características hidrogeológicas la recarga debería ser únicamente de tipo meteórico-local. Para este trabajo se realizó la caracterización hidrogeológica e isotópica de aguas meteóricas, superficiales y subterráneas para identificar los procesos hidrogeológicos, zonas de recarga y el modelo multivariado de mezcla. Los resultados permiten identificar los principales procesos de recarga, así como tres miembros terminales de recarga hacia los acuíferos. Se identificaron la presencia de recarga meteórica local, así como de aportes de aguas subterráneas de tipo regional geotérmico y carbonatado en los acuíferos de la parte alta de la CRQ. Para los acuíferos de la zona alta de la CRQ la contribución promedio de los miembros de recarga son 1) Componente residente-regional carbonatado 56% (Sigma = 0.07) 2) Meteórico local 23% (Sigma = 0.05) y Componente geotérmico regional 21% (Sigma = 0.03). La contribución de tipo geotérmico regional en acuíferos de tipo volcánico ubicados en la Faja Volcánica

Transmexicana ha sido reportada en diversos trabajos en el centro de México y debe ser considerados para el balance hídrico.

GEOH-12

ESPECIACIÓN QUÍMICA DEL FE EN UN MANANTIAL ÁCIDO MEDIANTE PHREEQC Y PHREEPLOT

De Gyves López Juan Sebastian, Ramos Leal José Alfredo y Morán Ramírez Janete
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
 juan.degyves@ipicyt.edu.mx

La modelación de diagramas termodinámicos es de gran utilidad para predecir la especiación química del agua en sistemas naturales. Tradicionalmente, estos diagramas se construyen utilizando constantes de equilibrio estimadas bajo condiciones estándar (1 atm, 25 °C y actividad química conocidas). Sin embargo, en ambientes naturales, las variables fisicoquímicas estándar se desvían de la idealidad en un amplio intervalo, por lo que los diagramas pierden precisión. PHREEQC, un software de uso libre, realiza numerosas correcciones matemáticas para considerar los cambios en las variables fisicoquímicas maestras (T, actividad, presión, entre otras), lo que lo convierte en una herramienta eficiente para predecir la especiación química en entornos reales. PhreePlot, también de uso libre, complementa a PHREEQC al generar de manera "sencilla" diagramas termodinámicos manteniendo relativamente la estructura básica de los archivos de entrada de PHREEQC. En el presente trabajo se modeló la especiación química del Fe en un manantial ácido de un ambiente kárstico yesífero. En campo se midieron los parámetros fisicoquímicos: pH, temperatura, sólidos totales disueltos, conductividad eléctrica y potencial redox. Se realizó un análisis de cationes y aniones mayoritarios, así como de metales. Mediante PHREEQC y PhreePlot se predijo la especiación química del agua y se crearon diagramas termodinámicos de distribución de especies y Eh-pH. La calibración entre ambos softwares arrojó un coeficiente de correlación de R²=1. Las principales especies acuosas de Fe divalente (>5%) fueron FeSO₄ (0.01848 mol/kg), Fe²⁺ (0.004247 mol/kg), FeHSO₄⁺ (0.002144 mol/kg). En cuanto al Fe trivalente (>5%) predominaron FeSO₄⁺ (0.01.035 mol/kg) y Fe(SO₄)₂⁻ (0.008753 mol/kg). Los minerales sobresaturados fueron hematita (SI = 7.67), jarosita-K (SI = 3.37), Fe(OH)2.7Cl.3 (SI = 2.91), goetita (SI = 2.78) y strengita (SI = 2.24), mientras que la jarosita-Na estuvo alrededor del equilibrio de saturación (SI = -0.4). En conclusión, la combinación de PHREEQC y PhreePlot es una herramienta eficiente para predecir la especiación química del agua en ambientes naturales complejos, como manantiales ácidos. Sin estas herramientas, la predicción estaría limitada a diagramas estándar de la literatura, muchas veces inadecuados para condiciones no estándar.

GEOH-13

MODELADO HIDROLÓGICO CON SWAT EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO CULIACÁN

De la Fraga Pasquinel¹, Montecelos-Zamora Yalina² y Kretschmar Thomas¹

¹División de Ciencias de la Tierra, CICESE
²Servicios Profesionales de Geología, Geofísica y Geotecnia, Grupo 3 GEO
 delafraga@cicese.edu.mx

En el norte de México, la gestión de recursos hídricos enfrenta retos significativos debido a la vulnerabilidad de la región frente al cambio climático. En particular, la cuenca del río Culiacán está sometida a una presión adicional por la actividad agrícola y la demanda de agua potable. El objetivo de este estudio fue evaluar la capacidad del modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tool) para simular los recursos hídricos en la parte alta de esta cuenca, así como examinar los parámetros que describen las características físicas en la hidrología de la región. La metodología consistió en calibrar el modelo utilizando datos mensuales de caudales observados para el período 1984 a 1994; posteriormente, las salidas del modelo se validaron con datos del período 1995 al 2001. En general el modelo mostró un muy buen rendimiento (según Moriasi et al., 2015) durante el período de calibración, con un coeficiente de eficiencia de Nash Sutcliffe (NSE) de 0.83 y un sesgo porcentual (PBIAS) de 7.3. En el período de validación, el modelo mantuvo un buen desempeño con un NSE de 0.76 y un PBIAS de 3.4. Aunque el modelo representa adecuadamente los caudales máximos, tiende a subestimar los caudales durante los períodos de flujo bajo. El análisis de sensibilidad identificó que los parámetros más influyentes en la hidrología de la cuenca son la curva número (CN2), la densidad aparente del suelo (SOL_BD), el coeficiente de revap del agua subterránea (GW_REVAP), y el umbral de profundidad del agua en el acuífero somero necesario para que se produzca el flujo de retorno (GWQMN). La elevada sensibilidad de este conjunto de parámetros subraya la importancia crítica de los procesos de escorrentía superficial y del sistema subterráneo en la hidrología de la cuenca. Otro conjunto de parámetros que mostraron sensibilidad fueron los relacionados con el flujo base y con la demanda de agua requerida por las plantas para transpiración: como la constante de recesión del flujo base (ALPHA_BF) y el factor de compensación de absorción por las plantas (EPCO). Estos resultados proporcionan una comprensión detallada de los parámetros que definen los procesos hidrológicos en la cuenca alta del río Culiacán y establecen una base sólida para la parametrización del modelo hidrológico. Estos hallazgos son esenciales para la gestión eficiente de los recursos hídricos en la región y para futuros estudios sobre la disponibilidad de agua y el impacto del cambio climático.

GEOH-14

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA CUENCA RIO PABILLO, CASO DE ESTUDIO: LINARES-HUALAHUIS, NUEVO LEÓN

Andrade Ibarra Guadalupe Marycruz, Salinas Jasso Jorge Alán,
 Navarro de León Ignacio y Ramírez Fernández Juan Alonso
Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
 guadalupe.andradeib@uanl.edu.mx

La Cuenca Rio Pabillo se ubica dentro de la Planicie Costera del Golfo de México y la Sierra Madre Oriental (SMO). Dentro de esta área se han desarrollado varios trabajos de investigación generales del contexto hidrogeológico, pero no se tiene una caracterización a fondo sobre el comportamiento de los sistemas de flujo de agua subterránea y su interacción con el medio ambiente y la distribución espacial del flujo subterráneo. Mediante la aplicación de la teoría de los Sistemas de Flujo del agua subterránea (Toth, 1999) se ha planteado caracterizar el funcionamiento hidrogeológico mediante la evaluación de evidencias superficiales, incluyendo las características litológicas, estructurales, hidrológicas, tipo de suelo, vegetación, topografía y clima. Esto dado la gran diversidad de efectos y manifestaciones en los que interviene el agua subterránea como agente geológico. En el área de estudio se ha desarrollado un análisis geoespacial mediante los Sistemas de Información Geográfica para identificar las zonas de recarga y descarga. Los resultados nos permitirán identificar la presencia de un sistema gravitacional de flujo clásico definido por (a) flujos locales, flujos intermedios y flujos regionales, así como los alcances que se tiene para satisfacer y determinar esta herramienta básica sugerida para tener una adecuada gestión hídrica y ambiental.

GEOH-15

ANALYSIS AND NUMERICAL MODELING OF DATA FROM PIEZOMETERS AND EXTENSOMETERS REVEAL THE MAIN DRIVERS OF LAND SUBSIDENCE IN A SITE NEAR MEXICO CITY

Zapata Norberto Berenice¹, Morales Casique Eric²,
 Contreras Galván René³ y Ramos Leal José Alfredo¹

¹División de Geociencias Aplicadas, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C.

²Instituto de Geología, UNAM

³TGC Geotecnia S.A. de C.V.

berenice.zapata@ipicyt.edu.mx

Water supply to Mexico City relies in about 60% on groundwater from the regional aquifer overlain by highly compressible lacustrine sediments. The intensive pumping, estimated to be almost twice of the magnitude of the estimated natural recharge, has originated land subsidence, threatening water supply and damaging urban infrastructure. A research site instrumented with piezometers, benchmarks and extensometers, was monitored for 10 years to study the influence of highway Circuito Exterior Mexiquense (completed the same year as the instrumentation). Data are analyzed to understand the main drivers and the process of land subsidence. The aquitard at the research site is estimated to reach 100 m in thickness and the typical stratigraphy of the aquitard was encountered: upper clay formation UCF, hard layer HL, lower clay formation LCF, deep deposits DD, deep clay formation DCF and deep stratified formation DSF. Total settlement amounted to 3.661 m, at an average rate of 0.314 m/year. We found that although pore pressure has not changed from 0 to 36 m, there was a deformation of 1.15 m. We infer that the driver of this deformation is the increase in total stress due to the weight of the highway. Our analysis also shows that the main driver for land subsidence is groundwater pumping from the regional aquifer, as most of the deformation due to consolidation (2.128 m) was registered below a depth of 82 m. Since the thickness of the aquitard at the research site is 100 m, a preliminary numerical simulation shows that most of this deformation most probably takes place at interbedded compressible lenses within the regional aquifer. Our results highlight the two main drivers of land subsidence at the research site: increase in total stress due to the construction of new infrastructure and, as the main and leading driver, drawdown due to intensive groundwater pumping from the regional aquifer. To our knowledge, this is the first work to offer evidence that deformation is not only restricted to the aquitard but occurs also within the main aquifer.

GEOH-16

EN EL DESARROLLO DE UN MODELO NUMÉRICO REGIONAL COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN PARA LA PENÍNSULA DE YUCATÁN: ESTABLECIMIENTO DE SU FRONTERA SUR

Pacheco Castro Roger¹, Chablé-Martínez Ricardo Alberto²,
 Amílcar González Roger² y Salles Afonso de Almeida Paulo¹

¹LANRESC, Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, Instituto de Ingeniería, UNAM

²Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán
 rpachecoc@ingen.unam.mx

Los esfuerzos para el modelado numérico de flujo en la Península de Yucatán se enfrentan a diversas complejidades, como la selección de un modelo conceptual por su naturaleza kárstica y la dificultad en establecer las condiciones de frontera

debido a la ausencia de fronteras físicas en la parte continental. Éstas, representan muchas veces la mayor incertidumbre comparación con la estimación de parámetros hidrogeológicos. Particularmente por la falta de datos para el establecimiento de un mapa potenciométrico de alta precisión. El presente estudio tiene el objetivo de determinar la frontera sur de un modelo numérico regional de flujo que pueda ser usado como herramienta para su gestión. Esto se hará mediante la evaluación de modelos cuyas fronteras al sur se establecen usando análisis de cuencas superficiales y el análisis de cuencas subterráneas. El presente trabajo discute los procedimientos seguidos para establecer las diferentes fronteras, así como la elección del mejor modelo numérico. El mejor modelo numérico se elige usando los resultados de la calibración: criterios de información y el menor error entre los valores simulados y los valores observados. Se evalúa también diferentes formas de establecer el límite inferior del acuífero y la relevancia de establecer las fallas geológicas como barreras de flujo o como conductos preferenciales. Los resultados de este trabajo están enfocados al establecimiento de un modelo numérico sofisticado para la Península de Yucatán, incorporando nuevas tecnologías y capacidades que nos ayuden a realizar estos trabajos de manera más eficiente. Este modelo numérico será en un futuro una herramienta valiosa para la gestión del agua subterránea a escala regional y local.

GEOH-17

ANÁLISIS DE LA HIDRODINÁMICA EN HUMEDALES DE FLUJO SUBSUPERFICIAL Y SU IMPLICACIÓN EN PROCESOS DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS DE COMPOSTAJE

Alarcón Adrián y Castillo Eduardo
Universidad Veracruzana
 adalga369@gmail.com

El uso de humedales artificiales es una alternativa cada vez más empleada para el tratamiento de efluentes acuáticos de alta carga orgánica gracias a su conveniencia económica y su sostenibilidad. Si bien la eficiencia del sistema depende principalmente de la actividad biológica conjunta entre microorganismos y vegetación, existe un área de oportunidad de mejora a través de la comprensión de los procesos hidrodinámicos que ocurren en su interior. Este estudio presenta la modelación numérica y simulación computacional de un humedal de flujo subsuperficial (HFSS) operando con lixiviados de compostaje, conocidos por su elevado contenido de materia orgánica y sales disueltas, utilizando modelos de flujo en medio poroso para evaluar la distribución y retención de líquido en el sustrato a diferentes configuraciones granulométricas y pendientes del medio filtrante, así como la posible influencia de la vegetación en la distribución de flujo. Los resultados de este trabajo podrán proporcionar información clave para optimizar el diseño hidráulico de los HFSS considerando la variabilidad de las condiciones operacionales, y con ello, una base sólida que considere la relación entre la dinámica de flujo y la eficiencia de remoción de contaminantes, misma que permitirá predecir el rendimiento y adaptación del sistema a distintas condiciones ambientales.

GEOH-18

DINÁMICA HIDROLÓGICA DEL LAGO SAN JOSÉ, LAGOS DE MONTEBELLO, CHIAPAS

Rodríguez Padilla Susana¹, Morales Casique Eric², Medina
 Ortega Priscila² y Escolero Fuentes Oscar Arnoldo²

¹Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

²Instituto de Geología

srzpadilla@ciencias.unam.mx

La cuenca del Río Grande de Comitán, en el estado de Chiapas, México, alberga al Parque Nacional "Lagunas de Montebello" (PNLM), que comprende un sistema lacustre kárstico al que pertenece el Lago San José. Desde 2003 se han reportado problemas de degradación ambiental en distintos lagos del sistema: cambio de coloración, de azul cristalino a un amarillo verdoso, emanación de olores desagradables y mortandad de peces. Debido al progreso de la contaminación, los lagos afectados han ido en aumento (CFE, 2012). Sin embargo, el lago San José ha sido catalogado como uno de los lagos que siguen preservando su condición prístina (Vera-Franco et al., 2015; Maya, 2017), a pesar de estar al lado de lagos afectados, razón por la cual, es necesario conocer su dinámica hidrológica para seguir preservando su condición a futuro, ya que abastece de agua potable a comunidades aledañas. Para determinar la dinámica hidrológica del lago San José se planteó simular el balance hidrológico diario. Este balance se sustenta con información climatológica de las estaciones más cercanas (precipitación, temperaturas mínima, máxima y evaporación en los casos donde se registra), información satelital (sensores remotos) para estimar las fluctuaciones temporales del área del lago y la determinación de los volúmenes del lago con base en las áreas y el modelo digital de elevación del terreno (complementado con batimetría). La evaporación en el lago fue estimada mediante la ecuación simplificada de Linacre (1977) y el escurrimiento mediante el método de la FAO, con un coeficiente de escurrimiento ajustado para sistemas kársticos. Se realizaron dos muestreos de agua en el lago, uno en época de lluvia (septiembre) y otro en estiaje (abril), a diferentes profundidades para caracterizar la química del lago. Adicionalmente, se cuenta con tres muestras de agua subterránea obtenida de norias cerca del lago y seis muestras de agua de lluvia de estaciones climatológicas ubicadas en distintos puntos de la cuenca de Comitán, dos de ellas dentro del PNLM, para poder tener un control químico del

agua que llega al lago. Como resultados preliminares del análisis químico, el lago no presentó cambios significativos ni a profundidad ni en las temporadas climáticas, respecto de los principales iones inorgánicos y parámetros fisicoquímicos. Aunque, muestra similitud con la composición química del agua subterránea de las norias, contrasta que el agua del lago contiene muy poco sulfato. La simulación diaria de los cambios de volumen en el lago a partir de la precipitación, evaporación, escurrimiento y consumo humano diarios ayudará a identificar escenarios de ajuste para conocer qué tanto aporta el agua subterránea al lago o viceversa. Las principales fuentes de incertidumbre en el balance son los volúmenes intercambiados con el agua subterránea; desfases de las diferencias de volumen del lago con las temporadas de lluvia y sequía; el coeficiente de escurrimiento estimado para zonas kársticas; la aparente sobreestimación de la evaporación con la ecuación de Linacre (al comparar con la evaporación de tanque) y la ausencia de un registro completo de precipitación y evaporación de tanque.

GEOH-19

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDROMÉTRICO A PARTIR DE DATOS BATIMÉTRICOS E IMÁGENES SATELITALES DE LA LAGUNA CHASCHOC-SEJÁ, TABASCO

Nieto Butrón Jacob Jesús¹, Ramírez Serrato Nelly Lucero¹, Cortés Alejandra¹, Morales Casique Eric², Camargo Pantoja Oscar Fabian³, Hernández Hernández Mario Alberto¹, Peralta Candelario³, Hernández García Guillermo¹, Herrera Zamarrón Graciela⁴ y Mendoza Palacios Juan de Dios⁵

¹Departamento de Recursos Naturales, Instituto de Geofísica, UNAM

²Departamento de Dinámica Terrestre Superficial, Instituto de Geología, UNAM

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

⁴Investigador por México CONAHCYT, Instituto de Geofísica, UNAM

⁵Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad, A.C., Villahermosa, Tabasco, México

⁶División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
jacob.nieto@ingenieria.unam.edu

Los sistemas naturales en México han presentado una pérdida de biodiversidad y cobertura forestal de manera alarmante. Por lo que se han presentado esfuerzos para preservar ecosistemas que contienen una alta biodiversidad. La CONABIO, ha identificado regiones en nuestro país llamadas Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), que están por sufrir cambios irremediables en su ecosistema. Una de ellas se encuentra en el estado de Tabasco, las "Lagunas de Catazajá-Emiliano Zapata (RTP-143)" con una superficie de 1197 km². El objetivo del presente proyecto es analizar la dinámica hidrológica de las lagunas de Chaschoc- Sejá a partir de datos batimétricos y análisis de imágenes satelitales. Este análisis está ligado a los resultados hidráulicos e hidrológicos obtenidos por el proyecto FOMIX durante los años 2013 y 2014, proporcionando datos cruciales para comprender la dinámica hídrica del sistema lagunar. Para esto, se corrigieron los datos provenientes de varias campañas de monitoreo batimétrico a partir del establecimiento de una línea base, definida como un valor de altura en metros sobre el nivel del mar, a partir de la cual se mide la profundidad. Una vez corregidos, los datos fueron interpolados individualmente para cada laguna, con objeto de determinar su profundidad e integrarlas en el modelo digital de elevaciones de alta resolución (de 5 m, obtenido de INEGI). Posteriormente, se calcularon los volúmenes de agua de cada laguna basándose en estas interpolaciones. Este análisis se realizó para dos fechas distintas (noviembre 2013 y mayo 2014), considerando tanto la temporada de estiaje como la de inundación, proporcionando una visión detallada de las variaciones estacionales en la topografía y el volumen de agua en las lagunas. Los resultados indican un área total del espejo del agua en época de inundación de 54.95 km² con una profundidad máxima de 8.45 m y para la época seca de 15.49 km² con una profundidad máxima de 1.19 m. Este estudio no solo mejora la comprensión de los procesos hidrológicos locales, sino que también ofrece datos valiosos para la gestión y conservación del ecosistema lagunar. Los resultados obtenidos permitirán desarrollar estrategias más efectivas para la utilización sostenible de los recursos y la preservación de los ecosistemas en las regiones costeras de Tabasco.

GEOH-20

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL COMO HERRAMIENTA PARA EL ESTUDIO DE LOS NIVELES DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS: ESTADO ACTUAL Y DIRECCIONES FUTURAS

Uc Castillo José Luis¹, Marín Celestino Ana Elizabeth¹, Martínez Cruz Diego Armando², Tuxpan Vargas José¹ y Ramos Leal José Alfredo¹

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

²Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C.

jose.uc@ipicyt.edu.mx

La predicción precisa del nivel de las aguas subterráneas (GWL) es crucial para desarrollar estrategias y gestionar los recursos hídricos. En los últimos años, los algoritmos de Inteligencia Artificial (IA) han demostrado su alta eficiencia y viabilidad para el pronóstico de GWL en comparación con otros modelos convencionales debido a su capacidad para manejar diferentes fuentes de datos así como sus menores requerimientos computacionales, costos y tiempo. Este trabajo tiene como objetivo proporcionar una descripción general y un análisis completo de los modelos de IA utilizados en el modelado GWL. Se examinaron un total de 168 artículos de investigación originales publicados entre 2000 y 2023. Detalles

como país, ocurrencia de palabras clave, tipo de algoritmo, variables de entrada, división de datos, métricas de rendimiento, escala de tiempo y unidad de estudio fueron analizados. Por otro lado, se abordan posibles direcciones, oportunidades y recomendaciones de investigación futuras para mejorar la aplicación de modelos de IA en esta área.

GEOH-21 CARTEL

MÉTODO DE SELECCIÓN DE FRECUENCIA Y MEDICIONES DE RESISTIVIDAD PARA ENTENDER EL AGUA SUBTERRÁNEA EN REGIONES ÁRIDAS: ESTUDIO DE CASO DEL ACUÍFERO EL CARRIZAL, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Carciumar Dana¹, Ortega Roberto¹ y Cazares Alexandra²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE - Unidad La Paz

²Universidad Autónoma de Baja California Sur

carciumar@cicese.mx

La evaluación de los acuíferos pequeños en regiones áridas, como los ubicados en Baja California Sur, México, presenta desafíos debido a la limitada información sobre el lecho rocoso y la cobertura inadecuada de profundidad mediante métodos geofísicos tradicionales. En muchas de estas regiones, existe una falta de datos de perforación profunda relacionados con el lecho rocoso, que podrían utilizarse para interpretar la geometría del acuífero. Además, los métodos geofísicos eléctricos, como los sondeos eléctricos verticales, no proporcionan una cobertura de profundidad adecuada. El método que mide la diferencia de potencial utilizando el detector de Método Selector de Frecuencia (FSM) tiene un gran potencial para determinar la geometría del acuífero; sin embargo, se debe tener precaución al analizar los resultados si el método no se comprende completamente. Aquí, destacamos la eficacia de este método para comprender la geometría del acuífero, incluso en escenarios donde la ubicación precisa del agua subterránea es desafiante debido a las características geoeléctricas variables. Presentamos resultados de un estudio de caso del acuífero de Carrizal, situado en una región árida de la península de Baja California, México. El método FSM es adecuado para estudiar el basamento del acuífero. Contrariamente a otros estudios, mostramos que el FSM no es un método para cuantificar precisamente la profundidad o los límites del acuífero; sin embargo, es una buena elección cuando se analiza adecuadamente con otros métodos y técnicas geológicas. Se sugiere un análisis cualitativo complementado con verificación de profundidad debido a la rapidez del FSM. Dada la infraestructura costosa existente en la zona, se recomienda un análisis extensivo para comprender la geometría del acuífero.

GEOH-22 CARTEL

ANÁLISIS PRELIMINAR COMPARATIVO EN ACUÍFEROS DE LA PARTE CENTRAL DE MÉXICO DEL CONTENIDO DE AS Y F: ESTUDIO HIDROGEOQUÍMICO Y ESTADÍSTICO

Morales Arredondo José Iván¹, Armienta Hernández María Aurora¹, Flores Ocampo Itzamna Zaknite², Landa Arreguin Jorge Federico³ y Ramos Organillo Francisco Javier³

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Posgrado en Ciencias de la Tierra

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

ivanma@geofisica.unam.mx

Este estudio se centra en la caracterización hidrogeoquímica y el análisis estadístico de acuíferos en la parte central de México. Se investigaron las concentraciones de arsénico (As) y fluoruro (F-) en acuíferos ubicados en el centro de México. El objetivo principal fue realizar un análisis preliminar para identificar los factores geológicos y geoquímicos que influyen en la presencia de estos elementos y su variabilidad en las aguas subterráneas de la región. Se recolectaron muestras de agua de diversos pozos para realizar análisis físico-químicos, incluyendo la determinación de cationes, aniones principales y trazas de As y F-. Se emplearon diagramas de D'Amore para identificar las facies hidrogeoquímicas predominantes y se realizaron análisis estadísticos, como el análisis de chi-cuadrado, análisis factorial y regresión lineal, para evaluar las correlaciones entre las variables hidrogeoquímicas y las concentraciones de As y F-. Los resultados muestran una diversidad en la composición química del agua subterránea, influenciada por las características geológicas locales. En algunos acuíferos, el agua predominante es de tipo Ca-Mg-HCO₃, debido a la interacción con rocas carbonatadas. En otros lugares, se encontraron aguas de tipo Ca-Na-HCO₃, Na-Ca-HCO₃, Na-HCO₃ y Na-Cl, reflejando la influencia de depósitos aluviales y rocas volcánicas. En algunos sitios se detectó una elevada concentración de sulfato, sugiriendo la presencia de materiales evaporíticos o sulfuros metálicos. El análisis de regresión lineal identificó una relación significativa entre las concentraciones de sulfato (SO₄) y arsénico, lo cual puede indicar que procesos como la desorción y la competencia iónica podrían estar liberando arsénico en el agua subterránea. Adicionalmente, se encontró que la temperatura y el pH son factores determinantes en las concentraciones de fluoruro, ya que influyen en la solubilidad de minerales que contienen fluoruro (posiblemente fluorita o silicatos). Los diferentes tipos de agua y sus variaciones en composición reflejan la diversidad geológica y los procesos hidrogeoquímicos que ocurren en los acuíferos de la FVTM. La presencia de As y F- está vinculada a procesos como la alteración de minerales, intercambio iónico y la influencia de materiales volcánicos y evaporíticos. La evaluación estadística corroboró la influencia significativa de la

geología en la composición del agua. Este estudio subraya la importancia de la geología y los procesos hidrogeoquímicos en la determinación de la calidad del agua subterránea en la FVTM. La identificación de las fuentes y mecanismos de movilización de As y F- es crucial para desarrollar estrategias de gestión que protejan la salud pública. Los resultados obtenidos proporcionan una base preliminar para futuras investigaciones.

GEOH-23 CARTEL

USO DE ISOTOPOS AMBIENTALES DE OXIGENO -18 Y DEUTERIO, EN AGUA, PARA DETERMINACIÓN DE MEZCLA DE DIFERENTES PROCESOS DE FRACCIONAMIENTO: EJEMPLOS DE INTRUSIÓN SALINA Y LIXIVIADOS

Cortés Silva Alejandra y Hernández Hernández Mario Alberto

Universidad Veracruzana
tuzacortesilva@gmail.com

Una de las aplicaciones importantes de los isótopos ambientales en combinación con otras áreas de investigación, es la de utilizar sus características a través de su fraccionamiento, permitiendo determinar mezclas de agua con diferentes procesos. Para lo cual es necesario conocer el valor isotópico del agua de recarga local y de abastecimiento (lluvia, manantiales, arroyos, pozos) así como la del agua de mala calidad que se considera que esta mezclándose, lixiviados, agua salobre o de mar). Para el primer caso se realizaron 2 muestreos uno en época de lluvia y otro en el estiaje. El resultado de 30 puntos, en la primera temporada, 26 muestras reflejaron se prácticamente agua de lluvia (del orden de -7.6‰) y 4 de ellas cuya situación era cercana a la zona de la fuente de la posible contaminación presentaron un fraccionamiento isotópico elevado (del orden de -2 y -1‰). El caso de Intrusión salina que se presenta en más de 16 acuíferos costeros en México; la metodología es la misma; se recopilaban valores isotópicos de lluvia y se muestrearon 22 pozos y agua de mar. Debido al contraste tan grande del fraccionamiento isotópico del agua de la mayoría de los pozos y la del mar, para esta zona solo se identificaron 2 puntos con intrusión de agua de mar. El uso de técnicas isotópicas resulta muy útil para este tipo de problemas muy comunes en nuestro México.

GEOH-24 CARTEL

MODELO ESTRUCTURAL DE LA CUENCA DE MÉXICO A LO LARGO DE UNA TRANSECTA MAGNETOTELÚRICA

Arzate Flores Jorge¹, Corbo-Camargo Fernando¹,
Tellez de la Cruz Oscar Alexis² y Ávila Vargas Oscar²

¹Instituto de Geociencias, UNAM

²Posgrado Ciencias de la Tierra, Instituto de Geociencias, UNAM
arzatej@geociencias.unam.mx

El presente estudio es el primero de su tipo utilizando sondeos magnetotelúricos en una de las zonas urbanas más habitadas del mundo y hemos demostrado que es posible aplicar la metodología de fuente natural para el estudio del subsuelo de zonas urbanas congestionadas. Del estudio Magnetotelúrico (MT) se obtuvieron las firmas eléctricas distintivas entre diferentes provincias a lo largo de la transecta analizada. En este trabajo reportamos los resultados de obtenidos a partir de una transecta magnetotelúrica (103 a 10-3 Hz) que va de la colonia Agrícola-Oriental en la cuenca de México, al centro vacacional de Las Estacas en el Edo. de Morelos. El objetivo del estudio geofísico, que incluye la incorporación de datos gravimétricos satelitales y magnéticos aéreos, es proporcionar información estratigráfica y estructural del subsuelo a profundidades mayor a la de los pozos perforados tanto en la Cuenca de México como de la zona norte del Edo. de Morelos cruzando por la Sierra Chichinautzin. La interpretación de los datos incluye un análisis unidimensional previo a la inversión bidimensional de los 27 sondeos a lo largo del perfil de 70 km los cuales se distribuyen a lo largo de tres provincias geológicas del Valle de México al norte, la Sierra Chichinautzin al centro, y la plataforma calcárea de Morelos en la parte sur. Posteriormente, se realizó la inversión bidimensional del perfil con el tensor de impedancia girado a los ejes principales y al strike regional proporcionado por la traza superficial de las estructuras regionales más prominentes, es decir el sistema de fallas EW. Finalmente, se llevó a cabo una inversión tridimensional del perfil con el objeto de comparar los resultados y para complementar la interpretación de los resultados. El modelado de los sondeos MT aporta información valiosa acerca de la configuración del basamento de la cuenca y su relación con el basamento regional al sur del perfil, sobre la plataforma calcárea de Morelos. Se encuentra que el basamento de la cuenca buza hacia el norte, mientras que al sur de la sierra Chichinautzin parecen existir dos cuencas profundas con estratos de baja resistividad. El modelo geológico más robusto lo presentamos a dos escalas, la primera a la escala de la corteza superior, y la otra a una escala más superficial (<5 km) para analizar posibles anomalías de conductividad eléctrica asociadas al fenómeno de karstificación en el acuífero profundo de la Cuenca de México, así como su relación hidrológica con la Sierra Chichinautzin y con el sistema acuífero del norte del Estado de Morelos, cuyas reservas parecen muy extensas. Proyecto financiado por Fundación 2050 - El Equilibrio Ecológico Cuenta, A.C. y Geokeri S.A. de C.V.

Sesión regular

GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

Organizador
Javier Arellano Gil

GP-1

MACHINE LEARNING APLICADO A REGISTROS GEOFÍSICOS DE POZOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LITOFACIES

Cruz Natalio Lourdes Michelle¹ y Ramírez Luis²

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Petrobal

mitch_natalio@hotmail.com

En el presente trabajo plantea resolver a través del método Extreme Gradient Boosting (XGBoost), la clasificación de facies litológicas utilizando datos de registros geofísicos de pozos. Machine Learning es una disciplina del campo de la Inteligencia Artificial que, a través de algoritmos, dota a las computadoras de la capacidad de realizar actividades sin la necesidad de ser programados explícitamente para ello, dentro del ML se tiene el aprendizaje supervisado y el aprendizaje no supervisado, el enfoque utilizado será usar el método supervisado XGBoost para convertirlo en semi-supervisado con el método de auto-entrenamiento. La importancia del reconocimiento y clasificación de facies reside en que permiten evaluar las características de la roca. En la industria petrolera el análisis de facies puede llevar a predicciones, para encontrar la mejor calidad de roca de los yacimientos petróleo y gas. El método desarrollado se aplicó a datos del Golfo de México, en la Provincia Petrolera del Sureste, utilizando registros geofísicos de pozos marinos, considerando solamente la zona de interés que abarca: Cretácico Superior, Jurásico Superior Tithoniano y Jurásico Superior Kimmeridgiano, donde se han desarrollado facies de bancos oolíticos, que constituyen la roca almacenadora de los yacimientos de aceite y gas. El proyecto incluyó la programación en Python, el flujo de trabajo para la secuencia del modelo de ML, incluyó desde el acondicionamiento de los datos, hasta la evaluación de resultados, para el modelo desarrollado se evaluaron sus capacidades en la clasificación de las facies, para tener un mejor criterio de aplicación de esta tecnología en datos reales. La clasificación con datos reales puede presentar distintos problemas como la falta de datos, el ruido en los datos, el desbalance entre clases, todo esto afecta y dificulta la categorización de facies. Esta problemática se manejó aplicando diferentes técnicas para tratar estos problemas, para buscar una mejor interpretabilidad y sensibilidad a la presencia de datos dispersos y desbalanceados. Los resultados observados revelan, la capacidad de clasificación de facies del método, exponiendo sus ventajas y desventajas.

GP-2

NEUTRONES PULSADOS (FNXS), UNA ALTERNATIVA EN LA CUANTIFICACIÓN DE VOLUMEN DE GAS

Alvarado Gutierrez Christian y Mendoza Luis

Schlumberger, SLB

cgutierrez17@slb.com

Actualmente, los registros de neutrones pulsados ofrecen evaluaciones precisas y confiables detrás de la tubería del revestimiento. Lo anterior permite que las evaluaciones y estimaciones de saturación de fluidos en pozos entubados sean muy similares a los resultados obtenidos en agujero descubierto. Este trabajo tiene como objetivo mostrar una evaluación alternativa en la cuantificación de Saturaciones de Gas a través de registro de Neutrones Pulsados usando como principio la medición de Sección de Captura de Neutrones Rápidos (FNXS). El reciente estudio se realizó en un pozo de suroeste de México, en un yacimiento de gas y condensado, productor en el Cretácico. Este yacimiento lo forman secuencias de Calizas, de baja porosidad con un promedio del 5 % y saturaciones de agua del 12 %. Este procedimiento involucró la recopilación de datos en los Dominios del Tiempo y Energía, continuando con una interpretación detallada y la integración de resultados en un modelo "Advisor." Los resultados mostraron que esta Metodología pudo identificar zonas con presencia de gas, incluyendo áreas de muy baja porosidad. En comparación con las estimaciones del método Sigma, se observó un aumento en el espesor neto impregnado. Además, se corrigió la porosidad de neutrones debido a la presencia de gas, mejorando la precisión del modelo final. La interpretación de los resultados sugiere que esta tecnología ofrece una ventaja significativa en la identificación de hidrocarburos independientemente de la litología. Las implicaciones de estos hallazgos son relevantes para la optimización de la exploración y producción en campos con condiciones similares. Sin embargo, hay limitaciones relacionadas con las condiciones dinámicas del pozo, donde se pueden presentar intermitencias en los fluidos dentro y fuera del pozo durante la adquisición del dato ocasionando una errónea cuantificación de fluidos. Finalmente, el uso de tecnología basada

en Neutrones Pulsados para este caso de estudio demostró ser eficaz en la cuantificación de volumen de Gas y la correcta porosidad excluyendo el efecto de bajo índice de hidrogeno por la presencia de Gas. Un impacto potencial de esta metodología podría ser significativo en el área de exploración y producción de hidrocarburos.

GP-3

CONSIDERACIONES TERMODINÁMICAS EN EL PROCESO DE GENERACIÓN DE HIDROCARBUROS, UN CAPÍTULO DEL LIBRO DIGITAL "TERMODINÁMICA PARA CIENCIAS DE LA TIERRA: FUNDAMENTOS Y APLICACIONES", EDITORIAL UNAM

Arellano Javier, Santamaría Demetrio Marcos, Sánchez Leticia y Navarro Marco Antonio

Universidad Nacional Autónoma de México

arellano@unam.mx

La génesis del petróleo y la termodinámica están fuertemente asociados, para que la materia orgánica contenida en las rocas generadoras ubicadas en el subsuelo de una cuenca sedimentaria se convierta en kerógeno, son requeridas presiones litostáticas (de sobrecarga) entre 0 y 300 (bar) y temperaturas máximas de 50-70 (°C). Esta etapa es conocida como diagénesis y, durante ella también es producido un reducido volumen de metano biogénico y dióxido de carbono. Al incrementarse la presión y la temperatura se forma el aceite y gas, que, se explotan en los yacimientos convencionales y no convencionales. Estos productos se forman en rangos de temperatura para el gas, entre 50 y 225 (°C) en la etapa de catagénesis, mientras que para el aceite (fracción líquida) se requieren de temperaturas entre 60 y 175 (°C); además la presión litostática, tiene valores entre 300 a 1500 (bar), que se alcanzan cuando la roca generadora está enterrada en profundidades entre 1500 y 8000 (m). Cuando ocurre un sepultamiento mayor, con temperatura entre 155 y 225 (°C), la materia orgánica residual es transformada en metano en la etapa metagénesis, aunque es poco probable que se formen yacimientos a esas profundidades, sobre todo porque la porosidad de las rocas disminuye considerablemente. Cuando el sepultamiento de la roca generadora es mayor a los 10-12 (km), inicia el proceso de metamorfismo, el cual produce meta-antracita y, finalmente, grafito. Los hidrocarburos se pueden encontrar en yacimientos en el subsuelo, en diversas fases y presentar distintos niveles de madurez, que se explican por las condiciones termodinámicas del medio y por la naturaleza de la materia orgánica acumulada y preservada en una cuenca sedimentaria, o bien, los hidrocarburos pueden estar alterados por oxidación y/o biodegradación; ambos casos son consecuencia de los distintos sistemas complejos que coexisten en contextos geológicos-geográficos-tectónicos. Sin embargo, no se debe de omitir que un yacimiento de hidrocarburos es un suceso geológico que se forma en una cuenca sedimentaria con baja probabilidad de ocurrencia. El e-book que contiene este capítulo es de acceso gratuito en el repositorio de publicaciones digitales de la Facultad de Ingeniería UNAM, en la liga: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/RepoFi/18540>

GP-4

DIAGNÓSTICO DE LOS RECURSOS PROSPECTIVOS DE MÉXICO

Hernández Ordoñez Rodrigo y Moya García Christian Uriel

Comisión Nacional de Hidrocarburos, CNH

rodrigo.hernandez@cnh.gob.mx

Los recursos prospectivos son los volúmenes de hidrocarburos estimados, a una cierta fecha, de acumulaciones que todavía no se descubren pero que han sido inferidas y que se estiman potencialmente recuperables, mediante la aplicación de proyectos de desarrollo futuros. Son subdivididos de acuerdo con su nivel de certidumbre en recursos asociados a plays y a oportunidades y prospectos exploratorios. Desde la Comisión Nacional de Hidrocarburos, se actualiza la evaluación de los recursos prospectivos, a través de las estimaciones que se realizan, tanto por los Operadores Petroleros, así como por parte de la Comisión. De acuerdo con la estimación más reciente, México posee recursos prospectivos por 112.9 miles de millones de barriles de petróleo crudo equivalente (MMMbpce). Del volumen total estimado para México, se calcula que 68.0 MMMb corresponden a petróleo, mientras que a gas natural corresponden 224.7 millones de millones de pies cúbicos (MMMMpc). Respecto de su asociación al tipo de play, se estima que el 57% de los 112.9 MMMbpce están en yacimientos no convencionales,

mientras que el complementario 43% se encuentran en zonas con yacimientos convencionales. Con la finalidad de contextualizar esos volúmenes, la producción de hidrocarburos de México en 2023 fue de 961 millones de barriles de petróleo crudo equivalente (MMbpce), de los cuales 709 MMb fueron de hidrocarburos líquidos y 1,85 MMMMpc fueron de gas natural. Es decir, el potencial que otorgan los recursos prospectivos a México es de alrededor de 100 años, al ritmo de producción actual, enfatizando que se trata de volúmenes no descubiertos. Con base en la evolución de los descubrimientos, y las metodologías aceptadas internacionalmente, la Comisión realizó un diagnóstico de los recursos prospectivos de las principales zonas del país, estableciendo así, si las áreas son de frontera, emergentes, maduras o muy maduras.

GP-5 CARTEL

SIMULACIÓN DE FLUJO BIFÁSICO PARA ESTIMAR PARÁMETROS PETROFÍSICOS DE ROCAS SEDIMENTARIAS MEDIANTE MODELOS DE RED DE POROS

Briones-Carrillo Jorge Alberto, Torres-Cruz Edna Ameyalli, Nieto-Baldo Paulina, Ruiz-Ramos Roberto, Romo-Castillo Sebastian, Acevedo-González Juan Emiliano y Martínez-López Yusheft Alberto

Universidad Autónoma de Nuevo León
jorge.brionescr@uanl.edu.mx

En este trabajo se aplicó la metodología del modelo de redes de poros, técnica ampliamente utilizada para simular flujo multifásico. Se planteó un caso de estudio para estimar parámetros petrofísicos en medios porosos generados con el software OpenPNM, a partir de datos obtenidos de imágenes SEM de rocas sedimentarias procedentes del paleocanal de Chicontepec. En el experimento numérico se simuló dos fluidos inmiscibles en escenarios de imbibición y drene. A la par se utilizó el software open source ImageJ y un código de diseño propio en Matlab para calcular la distribución de poros y gargantas. La permeabilidad absoluta y las curvas de permeabilidad relativa obtenidas son de suma importancia para la industria petrolera y se asemejan a datos publicados en la literatura.

GP-6 CARTEL

INFLUENCIA DE LA PRESIÓN CAPILAR Y PERMEABILIDAD RELATIVA EN LA PRODUCCIÓN DE UN YACIMIENTO DE PETRÓLEO

Ortiz Burgos Indira Margarita, González Camarillo Astrid Valeria, Ramos Vargas Esmeralda, Romero Lara Yessica Yaneth y Aguilar Madera Carlos Gilberto

Universidad Autónoma de Nuevo León
indira.ortizbrg@uanl.edu.mx

En este trabajo se presenta el análisis de la influencia que tiene la presión capilar y las curvas de permeabilidad relativa en la producción de un yacimiento de aceite y gas en presencia de agua. Con base en un código propio programado en el software libre Octave, se simuló diferentes casos de estudio en donde la presión capilar es alta o baja, y la permeabilidad relativa cambia en casos donde la roca es mojada por agua, o débilmente mojada por agua. El código está basado en una formulación implícita, y utilizando el modelo de aceite negro. Se presentan y discuten las curvas de producción de agua, aceite y gas para cada escenario.

GP-7 CARTEL

LA ACTIVIDAD DE EXPLORACIÓN DE HIDROCARBUROS EN MÉXICO, ENTRE 2019 Y 2024, DESDE LA PERSPECTIVA DE LOS PROYECTOS APROBADOS Y SUS RESULTADOS

Hernández Ordoñez Rodrigo, Elliott Cruz Jennifer, Belmares Servin Jonathan y Gómez Martínez Yazmin del Rosario

Comisión Nacional de Hidrocarburos, CNH
rodrigo.hernandez@cnh.gob.mx

La Comisión Nacional de Hidrocarburos promueve la búsqueda y evaluación de yacimientos de hidrocarburos en México. Su objetivo es asegurar la aplicación de las mejores prácticas en exploración, fomentar la inversión en el sector energético y mantener actualizadas las normativas, reflejando así su compromiso con la mejora continua y el fortalecimiento del marco regulatorio. Este trabajo incluye un análisis de las 86 Asignaciones (operadas por Pemex) y 78 Contratos (operados por empresas privadas o Pemex) que se encuentran vigentes. En tales Asignaciones y Contratos, están documentados proyectos para la identificación de prospectos con posibilidades favorables de localizar depósitos comerciales de petróleo y gas natural y nuevos yacimientos para incrementar las reservas del país. Durante el periodo comprendido entre 2019 y 2024, los Operadores Petroleros han realizado la perforación de 205 pozos exploratorios, 134 asociados a Asignaciones y 71 para Contratos, para la identificación y evaluación de plays en áreas con potencial no desarrollado. En este trabajo, se analizaron algunos de los principales aspectos que pueden influir en las estrategias que han implementado los diversos Operadores Petroleros, como los resultados que se obtienen en zonas próximas a la infraestructura existente para acelerar las operaciones, lo que ha facilitado la evaluación de los descubrimientos, algunos de los cuales, han progresado a la fase de desarrollo. Hay 72 descubrimientos vinculados a Asignaciones en los que se invirtió 2,164 millones de dólares (MMUS\$), sólo en la perforación y terminación de

los pozos. Por otra parte, 32 descubrimientos están asociados a Contratos, con una inversión, para los pozos, de 1,074 MMU\$. Los Contratistas con mayor número de descubrimientos son Repsol (en aguas profundas), Eni (en aguas someras) y Vista Energy y Jaguar (en áreas terrestres). El análisis de los resultados muestra que es óptimo combinar la exploración en áreas con mayor potencial de desarrollo por la cercanía a la infraestructura y la exploración en las áreas con mayores recursos estimados, es decir, aguas profundas y plays no convencionales.

GP-8 CARTEL

ESTIMACIÓN NUMÉRICA DE TENSORES DE PERMEABILIDAD Y ARRASTRE VISCOSO EN IMBIBICIÓN Y DRENE

Briones-Carrillo Jorge Alberto¹, Aguilar-Madera Carlos Gilberto¹, Espinosa-Paredes Gilberto², Pérez-Valseca Alejandría², Matías-Pérez Víctor¹ y Flores-Cano José Valente¹

¹Universidad Autónoma de Nuevo León

²Universidad Autónoma Metropolitana

jorge.brionescr@uanl.edu.mx

En este trabajo se presenta una metodología para estimar los tensores de permeabilidad y arrastre viscoso de dos fluidos inmiscibles (agua/aceite) bajo escenarios de drene e imbibición. A partir de una celda unitaria que representa poro y garganta de poro, se simula la dinámica de fluidos intersticial, considerando además el movimiento de la interfase entre los dos fluidos con el método Phase-Field. Para ello se utilizó el software COMSOL Multiphysics. Para ejemplificar la aplicación, se trabajó con una celda unitaria con medidas obtenidas de muestras de roca de una arenisca estándar. Se estimaron los tensores de permeabilidad y de arrastre viscoso siguiendo una formulación propuesta por Whitaker en 1986 quien desarrolló los problemas de cerradura para flujo bifásico, pero no pudieron ser resueltos debido al poder de cómputo limitado en esa época. Cualitativamente, las estimaciones de la permeabilidad se asemejan a otras estimaciones de la literatura.

Sesión regular

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA

Organizador

Dante Morán Zenteno

GET-1

FOLDAPP: APLICACIÓN DE MATLAB PARA EL ANÁLISIS DE LA DISTORSIÓN EN PLIEGUES EN BUCLE

Contreras Pérez Juan

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

juanc@cicese.mx

Sucesiones sedimentarias de reología contrastante comúnmente forman trenes de pliegues en bucle cuando son sujetas a cargas axiales. Los pliegues guardan leyes de escalamiento sencillas entre el área levantada (Ar), el nivel estratigráfico (h) respecto al basamento y el transporte tectónico(u). En un diagrama Ar vs h, la pendiente que relaciona esos dos parámetros corresponde con u. La estimación de u es robusta cuando los sedimentos se desacoplan del basamento estructural formando una sola superficie de despegue. A esta manera de estimar el acortamiento se le conoce como el método ADS. Aquí se presenta la aplicación FoldApp para automatizar el análisis de distorsión en pliegues en bucle utilizando ADS. La aplicación fue codificada en el lenguaje de programación Matlab y cuenta con una interfaz gráfica que permite a los usuarios interactuar con ella de manera intuitiva a través de botones y menús. FoldApp despliega el modelo estructural y obtiene la gráfica Ar vs h. A partir de ésta, la aplicación obtiene el modelo de mejor ajuste entre el regresor y la variable dependiente utilizando algoritmos de mínimos cuadrados. A partir del modelo de mejor ajuste, la aplicación estima el transporte tectónico y su incertidumbre. Adicionalmente FoldApp permite seleccionar el límite entre los estratos del basamento estructural y la sección despegada y el límite entre los estratos pre-tectónicos y sin-tectónicos. La selección de estos límites estratigráficos permite mejorar la estimación de u. El modelo de mejor ajuste incluye los efectos de pérdida de porosidad por compactación tectónica y engrosamiento de estratos por cizalla pura. De esta manera, Foldapp puede rectificar la estimación de u por dichos efectos.

GET-2

EVOLUCIÓN TECTÓNICA-PALEOSÍSMICA DEL SISTEMA DE FALLAS CAÑÓN ROJO-CHUPAMIRTOS, LAGUNA SALADA, MÉXICO

Cambron Jaziel Froylan¹, Fletcher John² y Spelz Ronald³¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE²CICESE³UABC

jaziel@cicese.edu.mx

El sistema de fallas Cañón Rojo-Chupamirtos (CR-CH) opera como un puente estructural que conecta las fallas Laguna Salada y CDD. Además, configura un nuevo frente montañoso que separa a la paleocuenca Cerro Colorado (PCC) de la cuenca Laguna Salada (CLS). Este sistema presenta un abundante registro de rupturas paleosísmicas que afectan abanicos aluviales del Pleistoceno tardío y el Cuaternario. Mediante ortofotos y modelos digitales de alta resolución, se evaluaron desplazamientos verticales cosísmicos en ocho generaciones de abanicos aluviales, observándose que los abanicos pleistocénicos muestran mayores desplazamientos. Se concluye que las superficies más antiguas acumulan más deformación que las más jóvenes, indicando que el levantamiento y abandono de estas superficies se debieron a diferentes rupturas paleosísmicas, con un impacto secundario de los cambios climáticos. Los cuatro segmentos del sistema CR-CH tienen superficies aluviales similares en meteorización y desplazamiento cosísmico. Se identificaron al menos 10 rupturas paleosísmicas, todas con magnitudes superiores a 6. La ruptura más reciente, documentada, se asocia al sismo histórico de 1892 con una magnitud de 7.1-7.3. El sistema CR-CH ha reemplazado un segmento inactivo de la falla CDD y ahora transfiere la deformación cosísmica del subsuelo a la superficie en un estilo "Rider Block". Los sismos en fallas normales de bajo ángulo (LANF's) tienen magnitudes anormalmente grandes en comparación con otras fallas normales activas.

GET-3

CINEMÁTICA E HISTORIA DE DEFORMACIÓN DEL SISTEMA DE FALLAS NE-SW EN EL SECTOR ORIENTAL DE LA FAJA VOLCÁNICA TRANSMEXICANA

Vasquez Serrano Alberto¹, Rangel Granados Elizabeth², DíazCorte Amelia³, Esqueda Maldonado Crista³, Olvera RosilesMichel⁴, Carrillo Mondragón José Juan⁵ y Arce Saldaña José Luis⁴¹Universidad Nacional Autónoma de México²Instituto de Geofísica, UNAM³Facultad de Ciencias, UNAM⁴Instituto de Geología, UNAM

alberto-vasquez@ciencias.unam.mx

Dentro de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM) existen al menos 4 sistemas de fallas, cuyas orientaciones son: N-S, E-W, NW-SE y NE-SW. Estos sistemas han sido reconocidos y estudiados con detalle principalmente en los sectores occidental y central de la FVTM (ej. Fallas Tepic-Zacoalco, Fallas Morelia-Acambay y Fallas Taxco-San Miguel de Allende). Sin embargo, dentro del sector oriental de la FVTM, no se han estudiado con detalle a los distintos sistemas fallas que afectan a las rocas volcánicas, volcanoclásticas y sedimentarias del Mioceno-Holoceno. Uno de los sistemas más importantes en el sector oriental de la FVTM, es el sistema NE-SW, asociado con el grupo de fallas Tenochtitlán en sector central del arco volcánico. En este trabajo se presenta un estudio detallado de la geometría, arreglo y cinemática de las fallas NE-SW en la región de Tlaxcala-Puebla. Nuestros resultados sugieren que, en esta región, las fallas NE-SW registran al menos 2 eventos de actividad. El evento más antiguo (D1) probablemente ocurrió durante el Mioceno tardío con una cinemática lateral izquierda. Mientras que el evento más joven (D2) registra una cinemática normal y se ubica en el Pleistoceno-Holoceno, ya que las fallas cortan paleosuelos con una edad menor a 1 Ma. Asociado con este último evento, se forman fosas y pilares tectónicos relacionados con el sistema de fallas NE-SW. Este sistema tiene un ancho de 80 km y una longitud de 100 km aproximadamente. Ligado con el evento D2, ocurre vulcanismo monogenético dentro de este sistema de fallas en la región Tlaxcala-Puebla, como lo sugiere la alineación de conos de escoria y spatters, y la orientación de diques piroclásticos. La presencia del sistema de fallas NE-SW en el sector oriental de la FVTM, sugiere una incompatibilidad cinemática con la dirección de máxima extensión sugerida para la FVTM. La actividad reciente de este sistema de fallas podría explicarse como el producto de una reactivación y/o herencia de estructuras de basamento que se encuentran por debajo del arco volcánico en su sector oriental.

GET-4

RUPTURA CONTINENTAL CONTROLADA POR UNA FALLA DE DESPEGUE Y MÚLTIPLES FASES DE DIVERGENCIA OCEÁNICA EN LA CUENCA DE PESCADERO, SUR DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Fletcher John¹, Ramírez-Zerpa Nestor², Spelz Ronald³, Yarbuh Ismael⁴, Clague David⁵,Negrete-Aranda Raquel¹, Cousens Brian⁴, Paduan Jennifer³, Neumann Florian¹,Caress David⁵, Zierenberg Robert⁴, Contreras Juan¹ y González-Fernández Antonio¹¹División de Ciencias de la Tierra, CICESE²Facultad de Ciencias Marinas, UABC³Monterey Bay Aquarium Research Institute⁴Isotope Geochemistry and Geochronology Research Centre, Carleton University⁵Earth and Planetary Sciences, University of California Davis

jfletche@cicese.mx

Se analizaron un conjunto de perfiles de reflexión sísmica en 2D a lo largo del complejo de cuencas de Pescadero (PBC), localizado en el sur del Golfo de California, con el objetivo de entender los procesos que controlan la ruptura de la litósfera continental, así como las condiciones que regulan el suministro de magma y la separación de placas en sistemas incipientes de acreción oceánica. El borde fracturado de la litósfera continental que rodea al PBC está claramente definido por varios criterios, incluyendo cambios abruptos en la característica sísmica de las rocas del basamento. Nuestros resultados sugieren que desde hace ca. 1-2 Ma, solo se han acumulado ~55 km de nueva litósfera oceánica en el PBC, lo cual es significativamente menor en comparación con otros segmentos divergentes de cuencas vecinas como Guaymas y Alarcón. La frontera actual de placas en el PBC está caracterizada por una serie de grabenes romboidales estrechos, donde el basamento oceánico desciende de -2,500 m a profundidades de hasta -4,200

m. Esta deflación de la corteza oceánica se asocia con lavas de tipo MORB más primitivas, una disminución en la producción de magma, y un aumento en la cantidad de separación de placas acomodada por fallas. El PBC se encuentra dentro de un corredor de extensión oblicua con rumbo NO, definido por una serie de fallas normales con buzamiento hacia el este, que delimitan bloques fallados formando estructuras tipo domo inclinados hacia el oeste. Es probable que las fallas en este corredor se enraicen en un sistema regional de falla de despegue con dirección ESE, delimitado lateralmente por un par de zonas de acomodo con rumbo NO y se proyectan hasta los límites prominentes de segmentos de rift a lo largo de la costa de Baja California. La corteza continental altamente atenuada alrededor del PBC presenta reflexiones sísmicas onduladas y discontinuas que podrían representar milonitas en la placa inferior de una zona de falla de bajo ángulo que se proyecta con buzamiento hacia el SE, por debajo de las cuencas profundas del rift a lo largo del margen de Sinaloa. Es posible que un flujo de calor elevado debido al ascenso de la astenósfera, haya promovido el flujo de la corteza inferior necesario para prolongar la actividad de la falla de despegue. El enfriamiento subsecuente, debido a la migración hacia el oeste del margen de la placa respecto a un marco de referencia fijo en el manto, condujo a la ruptura continental y a la transición hacia una expansión del fondo marino con baja producción de magma.

GET-5

GRAVITY AND MAGNETIC MODELING IN THE NEAR-EQUATORIAL INDIAN OCEAN: APPLICATION OF SATELLITE AND SHIPBORNE GEOPHYSICAL DATA

Yutsis Vsevolod¹, Bulychyev Andrey², Dubinin Evgeniy², Ivanenko Alexander², Levchenko Oleg³, Del Rozo González Abraham¹, Veklich Ilya³, Kosnyreva Maria² y Shaiullina Angela³

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

²Moscow State University

³Shirshov Institution of Oceanology, Moscow, Russia
vsevolod.yutsis@ipicyt.edu.mx

In the near-equatorial part of the Indian Ocean along 85°E there is an extended submarine ridge characterized by lowered values of the gravity field. In its southern part, local gravity lows are observed, the nature of which is still a matter of debate. The authors used integrated remote sensing data (satellite and shipboard data) for density and magnetic modeling. In combination with seismic data, this modeling showed that the nature of the gravity lows is related to the serpentinization process and that the studied objects are not extensions of the 85°E ridge.

GET-6

PARTICULARIDADES MORFOTECTÓNICAS EN EL NORESTE DE MÉXICO: EJEMPLO DE LAS SIERRAS SANTA ROSA, OBAYOS Y PÁJAROS AZULES

Almaguer Carmenates Yuri, Batista Rodríguez José Alberto, Batista Cruz Ramón Yosvanis y López Saucedo Felipe de Jesús
Escuela Superior de Ingeniería, Universidad Autónoma de Coahuila
y_almaguer@uadec.edu.mx

Se realiza un análisis morfotectónico en las sierras Santa Rosa, Obayos y Pájaros Azules, con vista a profundizar en los rasgos geológicos regionales del noreste de México. El estudio se basa en la interpretación de mapas morfométricos del relieve, derivados del modelo digital de elevación (MDE) a escala 1:50 000, tales como hipsometría, drenaje superficial, pendientes, rugosidad, disección vertical (DV) e isobases. Los resultados muestran que el relieve está relacionado estrechamente a la estructura geológica que conforman las sierras, así como a los procesos modeladores que han actuado en el área. En las sierras Obayos y Pájaros Azules se han desarrollado valles internos paralelos al eje del anticlinal, con drenaje fluvial al NE. La red de drenaje superficial muestra predominios de patrones paralelos en las vertientes de las sierras, siguiendo el buzamiento de los flancos de los anticlinales; hay patrones rectangulares derivados de alternancia de rocas blandas y competentes y/o por tectonismo, y patrones radiales de flujo centrífugo indicando estructuras dómicas. La sierra Santa Rosa presenta el relieve de mayor altitud (2084 m), superando en 725 m a la sierra Obayos y en 154 m a la sierra Pájaros Azules; dicha sierra también presenta las pendientes de laderas más inclinadas (máximo de 76° y medio de 21°), comparada con la sierra Pájaros Azules (máximo de 73° y medio de 19°) y Obayos (máximo de 70° y medio de 16°). Esta situación también se reitera en el comportamiento de las isobases, donde la sierra Santa Rosa presenta valores máximos de isobases de 2do y 3er orden de 1485 m y 1539 m respectivamente. Mientras que la sierra Pájaros Azules tiene valores máximos de isobases de 2do de 1476 m y de 3er orden de 878 m, y la sierra Obayos tiene valores máximos para isobases de 2do orden de 1163 m y de 3er orden de 1085 m. El comportamiento de las pendientes, DV y las isobases permitieron identificar morfoalineamientos, con predominio de direcciones NE-SW que cortan las sierras, y que se disponen transversales a los ejes de los anticlinales que las conforman; estos morfoalineamientos subdividen las sierras en bloques, los cuales presentan diferencias en cuanto al grado de disección y dinámica erosiva. Lo anterior sugiere que las sierras de Obayos y Pájaros Azules presentan relieves más evolucionados derivado de un mayor levantamiento estructural, el cual ha hecho aflorar las formaciones jurásicas más antiguas de la secuencia sedimentaria; en cambio la sierra Santa Rosa expone un relieve más joven. En el extremo SE de la sierra Santa Rosa se identifican morfoalineamientos en forma radial, donde sus extremos NE coinciden con afloramientos basálticos; esto sugiere procesos extensionales

por flexión del eje del anticlinal asociado a una zona de cizalla, generando fisuras y ascenso del material ígneo. Los resultados obtenidos muestran particularidades morfotectónicas de las tres sierras analizadas y su estrecha relación con la evolución geológico estructural regional y la acción de los procesos modeladores del relieve en el NE de México.

GET-7

EL OROCLINAL DE LA SIERRA MADRE ORIENTAL: PALEOMAGNETISMO DE LA PROVINCIA NAZAS EN EL NE DE MÉXICO

Chávez Cabello Gabriel¹, Guerra Roel Rafael¹, Pastor Galán Daniel², Ramírez Peña César Francisco¹, Aranda Gómez José Jorge³ y Molina Garza Roberto Stanley³

¹Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

²Spanish National Research Council

³Instituto de Geociencias, UNAM

gabchavez2001@yahoo.com.mx

Los cinturones plegados y cabalgados curvos son características naturales espectaculares que contienen información 3D crucial sobre la evolución tectónica de los sistemas orogénicos. Las unidades mesozoicas expuestas en el cinturón de pliegues y cabalgaduras mexicano en el noreste de México muestran una curvatura sobresaliente, cuya historia cinemática no ha sido estudiada aún de manera exhaustiva. Los modelos tectónicos existentes en la región simplemente asumieron la forma de las unidades tectónicas como una característica inherente al orógeno. Investigamos la historia cinemática de esta curvatura a través de un análisis sobre paleomagnetismo y magnetismo de rocas volcánicas y volcanoclásticas jurásicas de la Provincia Nazas, así como una revisión exhaustiva de la literatura publicada disponible. Los conjuntos de datos estudiados indican una historia prolongada de (re)magnetizaciones que ocurrieron durante el Jurásico tardío-Paleoceno, al menos durante el Jurásico tardío, el Cretácico y el Eoceno temprano. Más significativamente, muestran rotaciones importantes en sentido contrario a las agujas del reloj en el flanco norte de la curvatura y rotaciones moderadas del eje vertical en el sentido de las agujas del reloj a lo largo de su flanco sur. Este conjunto de datos sugiere que la Sierra Madre Oriental fue un cinturón norte-sur que experimentó flexión o doblez oroclinal entre el Cretácico Superior y el Eoceno. PAPIITIG10123.

GET-8 CARTEL

REVEALING THE FOREARC BASIN STRUCTURE OF THE BAJA CALIFORNIA PENINSULA THROUGH SEISMIC REFLECTION

González-Álvarez Moisés Daniel, González-Escobar Mario, Mastache Román Edgar Agustín, Reyes Martínez Carlos Simón, Lázaro Arceo, Gallegos Cristian y Arregui Sergio
División de Ciencias de la Tierra, CICESE
mdgonzalez@cicese.edu.mx

The forearc regions are both the reflection and the host of tectonic convergence processes. In this context, the collaterally formed basins related to subduction are characterized by their considerable sedimentary thicknesses. The Baja California Peninsula hosts several forearc basins, resulting from the subduction event of the Farallon plate during the Late Cretaceous-Eocene. With this premise, we present a series of 9 land-based seismic reflection profiles provided by the petroleum industry, located in the Magdalena region within the Ciudad Constitución plain, in Baja California Sur. These profiles were processed and interpreted, and in conjunction with gravimetric data and well logs, they allowed the identification of prominent geological structures, including a forearc basin with a depocenter reaching a depth of 3000 ms (TVD) that formed between the former subduction zone and the roots of the volcanic arc. Additionally, an inverse fault with an apparent dip of 39° was interpreted, cutting through the sedimentary units of the region, and controlling subsidence in the basin. From a seismic-stratigraphic perspective, three seismic sequence boundaries were interpreted, two of which represent significant unconformities considered important geological features in the tectonic evolution of the region. The presented observations aim to enhance the understanding of the geological evolution of this region and, at the same time, generate subsurface images that allow for comparisons with analogous regions.

GET-9 CARTEL

GEOMORPHOLOGY, SHALLOW STRUCTURE AND FLUID VENTING AT THE SEAFLOOR OF THE CONTINENTAL SLOPE OFFSHORE OF MANZANILLO, MEXICO

Bandy William¹, Mortera Gutiérrez Carlos¹, Millán-Motolinía María del Carmen² y Pérez Calderón Daniel³

¹Instituto de Geofísica & LUCO, UNAM

²LUCO, UNAM, CDMX

³Instituto de Geofísica, UNAM

bandy@geofisica.unam.mx

Multibeam bathymetric data, seafloor backscatter data and sub-bottom seismic reflection data collected during the MORTIC07 and JGAP2013 campaigns conducted aboard the B.O. EL PUMA reveals an extensive fluid vent field on the seafloor

located on the continental slope, 50 km SW of Manzanillo, Mexico. This vent field is located on top (at water depths shallower than 1 kilometer) of a large seafloor dome at water depths shallower than 1 kilometer. The apex of the dome is located at 18°44'N, 104°38'W, at a depth of approximately 600m. The dome has a surface relief of over 1 km and a radius of approximately 15 km. Herein, we present the seafloor geomorphology of the dome and associated vent field, as well as the spatial distribution of the faults associated with and adjacent to the dome. Also presented is the nature of the uppermost sediments infilling a prominent mid-slope basin located landward of the dome. Notable observations include: 1. Numerous radial faults are observed to extend away from the apex of the dome. 2. The western flank of the dome is down-dropped to the southwest producing a collapse ramp which has modified a pre-existing seafloor escarpment. 3. The vent field contains several large vents (up to 20 meters relief and 300 meters in diameter). 4. Several of these large vents have extensive sediment ponds surrounding the vents, indicating that a substantial amount of sediments are being expelled along with the vented fluids. 5. Thrust faults and folds disrupt the shallow sediments within the mid-slope basin landward of the dome. Lastly, the geomorphologic and structural features are consistent with crustal deformation related to the collision and subsequent subduction of a large seamount.

GET-10 CARTEL

DISTRIBUCIÓN, GEOMETRÍA Y CINEMÁTICA DE FALLAS GEOLÓGICAS EN LA SIERRA DE LAS CRUCES DEL SECTOR ORIENTAL DEL CINTURÓN VOLCÁNICO TRANSMEXICANO

Vasquez Serrano Alberto¹, Santiago Figueroa Lydia², Rangel Granados Elizabeth³, Arce José Luis⁴, Arango Galván Claudia⁵, Macías José Luis⁶, Sosa Ceballos Giovanni³, Chávez Segura René Efraín⁷, Ramírez Serrato Nelly Lucero⁸ y Ruiz Aguilar Diego⁹

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Facultad de Ingeniería

³Instituto de Geofísica, UNAM

⁴Instituto de Geología

⁵CICESE

alberto-vasquez@ciencias.unam.mx

La Sierra de las Cruces (SC) es una cadena volcánica ubicada en el borde occidental de la cuenca de México, dentro del sector oriental del Cinturón Volcánico Transmexicano. Esta sierra tiene una orientación preferencial NNW-SSE y está formada principalmente por estratovolcanes (ej. La Corona, San Miguel, Ajusco, Zempoala) y domos de composición dacítica y andesítica del Plioceno-Pleistoceno. A pesar de que la SC es cortada por un conjunto de fallas complejo y de que se ha presentado actividad sísmica en su ladera oriental, aún se desconocen aspectos sobre su cinemática, geometría, arreglo e historia de deformación. En este trabajo, se analiza a distintas escalas las fallas que cortan a la SC, enfocándose en las que tienen una orientación NE-SW y ENE-WSW. Además, se realiza un estudio detallado de la cinemática de la falla Contreras, una de las más grandes en de la SC. Nuestros resultados revelan la existencia de tres familias de fallas dentro de la SC, con orientaciones NNW-SSE, ~E-W y NE-SW. Las fallas ~E-W son las más recientes y tienen una cinemática normal. Las fallas NNW-SSE y NE-SW tienen una cinemática oblicua con una componente normal dominante. Los análisis de NCC (Normalized Correlation Count) indican que las fallas NE-SW y ~E-W tienen un arreglo agrupado, probablemente relacionado con la herencia y/o reactivación de estructuras previas. La relación frecuencia-tamaño de las fallas sigue una función exponencial negativa con un exponente de -0.562, lo que confirma que las fallas crecen a partir de estructuras previas. En cuanto a la falla Contreras, esta presenta un rumbo NE-SW, con una longitud expuesta de 35 km y un ancho de zona de falla de 2 km. Esta falla tiene una cinemática oblicua, con una contribución mayor de la componente normal y un desplazamiento lateral izquierdo. En la parte cubierta de esta estructura, se exponen una serie de fracturas que tiene orientaciones NE-SW, WNW-WSE y ~E-W, asociadas con su cinemática oblicua. Las direcciones de los esfuerzos principales en esta falla tienen un rumbo y echado de 312/73, 143/16, 053/3 para Sigma 1, Sigma 2 y Sigma 3, respectivamente. De acuerdo con nuestras observaciones sugerimos que las fallas NE-SW dentro de la SC son producto de la reactivación y/o herencia de estructuras previas. Asimismo, la inversión de fracturas y las relaciones angulares entre estas en un modelo de Riedel, sugieren que la falla Contreras acomoda deformación en un régimen de transpresión en su sector central.

GET-11 CARTEL

PROPIEDADES MECÁNICAS EN CONDICIONES NO CONFINADAS DE LA SUCESIÓN DE TOBAS Y ARENISCAS DEFORMADAS PROVENIENTES DE LA PARTE INFERIOR DEL GRUPO COMONDÚ, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Garay Adolfo¹, Aranda-Gómez José Jorge², Pérez-Venzor José Antonio³, Cerca-Ruiz María Fernanda⁴, Chávez-Cabello Gabriel⁴, Ramírez-Peña César Francisco⁴, Ocampo-Díaz Yam Zul⁵, Dávila-Harris Pablo⁶ y Cerca-Martínez Luis Mariano²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, ENES Juriquilla

²Instituto de Geociencias, UNAM

³Departamento Ciencias de la Tierra, UABCS

⁴Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

⁵Facultad de Ingeniería, UASLP

⁶Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, División de Geociencias Aplicadas

adolfo garay22@gmail.com

En la parte inferior del Grupo Comondú, expuesta entre la Falla Carrizal y San Juan de la Costa, hay plegamiento intenso y fallas inversas. Esta deformación fue originalmente descrita por Hausback en 1984 (SEPM39), quien documentó movilización masiva de arena dentro de la sucesión estratigráfica, y la atribuyó a deformación de sedimento suave y/o deslizamientos gravitacionales sin-sedimentarios. El reconocimiento de fallas inversas asociadas con el plegamiento, llevó a Bonini y colaboradores (Tectonophysics 719-720, 2017) a proponer un evento de acortamiento tectónico en el Oligoceno temprano. Ambos trabajos concluyeron que la deformación ocurrió antes del emplazamiento de la toba San Juan que tiene una cobertura regional y edad de 19.4Ma. De acuerdo con datos colectados recientemente en el marco del proyecto PAPIT AG101523, este sistema estructural complejo incluye fracturas, fallas inversas y pliegues de escala e intensidad variable, así como removilización de limos y tobas. Esto presenta el reto de entender los procesos quebradizos, dúctiles y de removilización viscosa que actuaron en la sucesión. Presentamos resultados del comportamiento quebradizo de muestras deformadas de toba y de arenisca proveniente de la sucesión, obtenidos mediante pruebas mecánicas de laboratorio. Las tobas tienen un contenido importante de pómez, están pobremente consolidadas, tienen baja cohesión y rigidez y anisotropía alta condicionadas por la fábrica. Por otro lado, las muestras de arenisca utilizadas para este trabajo, contienen pómez retrabajada, sus clastos son de grano grueso a fino, presentan cementación y anisotropía interna debido a la presencia de laminaciones sedimentarias. Las pruebas de laboratorio se realizaron en el equipo MTS 815 del Laboratorio de Física de Rocas del Instituto de Geociencias, UNAM. Los especímenes cilíndricos cumplen una relación altura-diámetro de 2:1, conservando la perpendicularidad con respecto al esfuerzo vertical y las caras paralelas. Los ensayos uniaxiales se realizaron de acuerdo a la norma ASTM D2938-86, mediante carga controlada y de manera cíclica, se aumentó progresivamente la fuerza axial y se disminuyó hasta su punto inicial con una tasa de 2 kN min⁻¹, hasta llegar a la ruptura. El esfuerzo de ruptura de las tobas ocurrió entre 16.5 y 17.5 Mpa, con deformaciones axiales entre 1 y 1.5 %, el módulo de Young se encuentra entre 1.5 y 4 GPa y la relación de Poisson tiene valores entre 0.2 y 0.3. El esfuerzo de ruptura de las areniscas ocurrió entre 13.2 y 18.8 MPa con deformaciones axiales entre 0.5 y 1.4 %, el módulo de Young se encuentra entre 2 y 5 GPa y la deformación radial es muy variable arrojando valores de la relación de Poisson entre 0.1 y 0.3. Aunque hay diferencias en la forma de la deformación de cada muestra, los valores de resistencia a la compresión simple y constantes elásticas son similares. El uso de pruebas mecánicas para el análisis estructural de sucesiones estratigráficamente complejas ayudará a dilucidar los mecanismos de deformación y arrojará valores útiles para el análisis de la deformación de sucesiones mecánicamente estratificadas.

GET-12 CARTEL

AFECCIÓN EN EL TEMPLO DE LA SANTA CRUZ Y VIVIENDAS CAUSADO POR AJUSTES DIFERENCIALES Y ASENTAMIENTOS DE TERRENO EN LA ZONA URBANA DE SAN LUIS POTOSÍ

López Reyna Annie¹, Torres Rivera Sonia¹, Carranco Lozada Simón Eduardo², Ramos Leal José Alfredo³ y Torres José Ramón⁴

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí

²Instituto Politécnico Nacional, IPN

³Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

⁴Instituto de Geología

a310285@alumnos.uaslp.mx

En los últimos 50 años, en algunas ciudades como Aguascalientes, Salamanca, y San Luis Potosí, se han documentado diversos fenómenos de hundimiento diferencial en algunas zonas del área metropolitana. En el caso de San Luis Potosí, capital, las estructuras que controlan estos asentamientos diferenciales son en general fracturas rectas que van desde de metros a kilómetros, de las que se desprenden algunas ramificaciones con menor evolución. En general, el daño a las viviendas y algunos edificios de actividad pública, ha requerido restauraciones y/o reforzamiento en su estructura, para evitar riesgos mayores a las personas. Sin embargo, cuando el diseño estructural se ve afecto por la magnitud del movimiento, es necesario su demolición. Lo anterior ha sido motivo de atención continua por parte de las autoridades municipales y estatales, que han atendido en la reparación de calles y sistemas de drenaje, y otras implicaciones asociadas que se reportan

en el Atlas de Riesgos del municipio de La Capital. En este sentido, un caso muy especial lo representa el templo de La Santa Cruz, que se asienta sobre la denominada "Falla Aeropuerto". Esta estructura geológica que afecta la zona urbana de la ciudad capital se encuentra documentada y caracterizada como de evolución lenta, según lo que se ha monitoreado desde hace ya aproximadamente 30 años. Sin embargo, los marcadores que se instalaron en el interior del templo para registrar los posibles cambios en la evolución del fenómeno, muestran la dinámica de subsidencia paulatina en la parte media de la estructura del templo en los últimos 5 años. En el análisis geológico estructural es evidente que se está manifestando un proceso incipiente de rotación con giro izquierdo, manifestado en afectaciones en la estructura general de la estructura, y registrada en especial en el testigo colocado en la columna norte de las dos que soportan la mayor carga de la estructura, en el desacople de las bases que soportan los vitrales, y sobre todo, en subsidencia paulatina en la parte media de la estructura del templo. En el presente resumen se presenta resultados preliminares del análisis de caracterización de la estructura geológica actual y de avances de los estudios con percepción remota (Estudios con GPS diferencial, y de Interferometría de Radar Satelital de Apertura Sintética Resolución InSAR) que definen cuantitativamente la dinámica del fenómeno.

GET-13 CARTEL

¿HAY EVIDENCIAS DE NEOTECTÓNICA EN LA PARTE CENTRAL DE MÉXICO?

Torres José Ramón¹, Ramos Leal José Alfredo², Barboza Gudiño José Rafael¹ y López Doncel Rubén Alfonso¹

¹Instituto de Geología, UASLP

²IPICYT

jrtorres@uaslp.mx

Durante poco más de 30 años, se han documentado diversos fenómenos de subsidencia en los valles tectónicos ("graben") de Villa de Reyes-San Luis Potosí, y en el de Villa de Arista, S.L.P., los cuales, en una primera interpretación se consideraron como efecto de sobreexplotación del acuífero profundo que abastece en su mayoría las necesidades de agua potable y de uso para riego (sobre todo en el valle de Arista). Lo anterior, en muchos de los casos e interpretaciones sigue siendo un importante factor detonante de este fenómeno, sin embargo, algunos asentamientos no configuran agrietamientos en el terreno acordes con la zona de mayor densidad de pozos para agua. En la zona urbana de la ciudad de San Luis Potosí, la estructura donde primero se detectó este fenómeno, es una fractura (falla) lineal de orientación NNW que abarca gran parte del valle y que afecta las calles y casas de la zona urbana, y continúa por kilómetros en zonas de cultivo y/o terreno llano. La documentación de nuevas fracturas asociadas y otras no asociadas a esta, configura un patrón de enrejado que sugiere que los asentamientos de terreno podrían reflejar bloques tectónicos sepultados que se han reportado en la configuración de basamento en el graben que define el valle. Estas observaciones han suscitado el interés de diversos investigadores, y generado proyectos y tesis para titulación y obtención de grado de licenciatura y de maestría, los cuales han servido de base para la elaboración del Atlas de Riesgos para el Municipio de San Luis Potosí y Zona Conurbada. Uno de esos estudios reportó mediciones de fuga de radón asociado a una de las estructuras que afectan la parte suroccidental de la mancha urbana de la ciudad de SLP, y otros trabajos de tesis han reportado mediciones de GPS de alta precisión y estudios de técnicas INSAR. Lo mismo ha ocurrido en estudios recientes en el graben de Villa de Arista. En este último, el patrón de las estructuras es muy diferente, pues el agrietamiento y subsidencia se refleja en conjuntos de fracturas lineales de orientación coincidente o casi coincidente con las fallas que delimitan este graben. Aquí resaltamos dos elementos adicionales que pueden generar una nueva hipótesis. Primero, en la zona que bordea o comprende parte de estas estructuras se han reportado sismos recientes, de intensidad media a baja (3.5 a 4.5), algunos se reportan con mecanismo focal por cizalla, los cuales sugieren un acomodo discreto de los bloques tectónicos en esta parte de México. Segundo, la fractura (falla) principal de orientación NNW que afecta las calles y casas de la zona urbana de San Luis Potosí, se ha podido documentar un efecto de cizalla de movimiento izquierdo (templo de la Santa Cruz, Frac. Aeropuerto donde se registra un leve giro de torsión en las principales columnas que soportan la estructura de esta moderna construcción religiosa); también se ha observado plegamiento en partes de su trayectoria en calles, viviendas, y fallamiento inverso en algunas bardas.

GET-14 CARTEL

PROCESAMIENTO DE IMÁGENES ACÚSTICAS DE LA COLUMNA DE AGUA DEL MAPEO MULTIHAZ EN LA CUENCA DE GUAYMAS, EVIDENCIAS DE CAMBIOS EN LA CIRCULACIÓN HIDROTHERMAL

Millán-Motolinía María del Carmen¹, Mortera-Gutiérrez Carlos A.², Joye Samantha B.³, Montgomery Andrew⁴, Anantharaman Karthik⁵, Baker Brett J.⁶, Choi Hannah⁷ y Ponce-Núñez Francisco⁷

¹Laboratorio Universitario de Cartografía Oceánica, ICMYL-IGEF, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³University of Georgia, Marine Sciences, Athens, GA, United States

⁴Montana State University, Microbiology and Cell Biology, Bozeman, United States

⁵University of Wisconsin-Madison, Bacteriology, Madison, WI, United States

⁶University of Texas at Austin, Texas, United States

⁷Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

carmenmillanm@gmail.com

La cuenca submarina de Guaymas, en el Golfo de California, representa uno de los sitios de mayor interés en el estudio de ambientes profundos extremos, debido a la presencia de una diversidad de ventilas hidrotermales. El hidrotermalismo presente en el área es debido al límite tectónico divergente por el proceso de rifting en el golfo, revelando los efectos geoquímicos en la formación incipiente de la corteza oceánica a través de dos grabenes, ubicadas al centro de la cuenca. La manifestación de varios campos hidrotermales con "edificios" particulares a lo largo del graben revelan el emplazamiento de calor a través de las capas sedimentos -con casi 400 metros de espesor- sustentadas por intrusivos tipo sill. Los rasgos particulares en los edificios hidrotermales han llamado la atención de la comunidad científica para identificar (por medio de análisis biogeoquímico) el crecimiento de mantos de bacterias y otros organismos alrededor de los mismos. Los cambios en el pH del fluido hidrotermal y en la temperatura, son los principales indicadores en la proliferación bacteriana. En el año 2019, el Laboratorio Universitario de Cartografía Oceánica, colaborando con estudios enfocados en el entendimiento de los mantos de bacterias que crecen alrededor de las ventilas hidrotermales, en la cuenca submarina de Guaymas, obtuvo datos de batimetría multihaz colectados con una ecosonda multihaz EM302 en el RV Falkor (Schmidt Ocean Institute). De igual manera, en el 2024, se obtuvieron datos multihaz con el EM124 a bordo del buque RV Atlantis de Woods Hole Oceanographic Institution. A través del procesamiento de los datos hidroacústicos colectados, se aporta mayor información sobre el estado de las plumas acústicas en la columna de agua, asociadas a la emanación de gases y fluidos provenientes de los varios campos hidrotermales y edificios particulares, evidenciando diferencias entre los levantamientos de 2019 y 2024. Estos datos permitirán apoyar al monitoreo remoto de la actividad hidrotermal en la cuenca para el estudio de las migraciones de calor a lo largo del graben.

GET-15 CARTEL

MAYOR RESOLUCIÓN Y COBERTURA DE LAS ANOMALÍAS MAGNÉTICAS EN LAS PROVINCIAS DEL CINTURÓN PLEGADO EN PERDIDO Y SALINAS DE BRAVO, GOLFO DE MÉXICO

Mortera Gutiérrez Carlos Angel O.¹, Millán-Motolinía María del Carmen², Bandy William L.¹, Ponce-Núñez Francisco³, Zarate-Requena Alejandro⁴, Venegas-Sánchez Ricardo O.², Guizar-Jardon José de Jesús⁵, Álvarez-Becerra Jesre⁶ y Albañez-Domínguez Juan R.²

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Laboratorio de Cartografía Oceánica, ICMYL y IGEF, UNAM

³Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

cmortera@igeofisica.unam.mx

La configuración cortical del Golfo de México ha sido objeto de continua discusión para entender la naturaleza de su basamento en sus márgenes. La presencia de mayores espesores sedimentarios y grandes volúmenes de cuerpos salinos en su margen occidental han obstaculizado tener una mayor resolución geofísica que revelen con precisión la distribución geométrica que conforman el basamento transicional en las provincias fisiográficas del talud continental frente a Tamaulipas. Esta limitación de datos profundos ha impedido tener un mejor entendimiento de la formación y zonificación del límite transicional entre la litosfera continental y oceánica que generó el proceso de apertura de la cuenca del Golfo de México. Para definir donde posiblemente está esta zona transicional en el margen occidental del Golfo, específicamente en las provincias del Cinturón Plegado de Perdido y la Salinas de Bravo, este trabajo reporta los análisis de los registros magnéticos adquiridos durante las campañas oceanográficas, Perdido 1 (2015) y Perdido 2 (2016), ambas realizadas a bordo del BO Justo Sierra de la UNAM, que cubrieron gran parte de estas provincias, en aguas profundas desde el quiebre de la plataforma y talud hasta profundidades de 2,500 m. El estudio magnético, separado en 4 bloques del levantamiento al noreste de costas mexicanas tamaulipecas, exhibe tres anomalías magnéticas significativas. Estas anomalías magnéticas son examinadas con la batimetría multihaz del relieve del lecho marino que fue adquirida simultáneamente en ambas campañas y en relación a la gravedad regional derivada de la altimetría satelital, como también con modelos cinemáticos de la apertura del golfo usando un gran rango de datos geofísicos regionales que generalizan la geometría de la zona de transicional bajo ambas provincias. Estas anomalías identificadas aquí precisan (coincidiendo con anomalías mayores de gravedad) que forman parte de una alineación magnética regional asociada a cuerpos residuales del proceso de

apertura del Golfo de México. En el contexto geológico del sector oeste del Golfo de México, estas características pueden asociarse a cuerpos de naturaleza ígnea remanentes que pudiese estar vinculadas a la gran Anomalía de Texas y a la Falla Transformante Occidental que corre paralelo a las costas de México.

Sesión regular

GEOLOGÍA Y GEOFÍSICA AMBIENTAL

Organizadores

Laura Elizabeth Peña García
Roberto Maciel Flores
Martín Hernández Marín

GGA-1

EL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL MUNICIPIO DE ZAPOPAN MEDIANTE EL ANÁLISIS DE DATOS DE POZOS

Garnica Ibarra Lucía Guadalupe, Peña García Laura
Elizabeth, Maciel Flores Roberto y Estrada Vargas Arturo
Universidad de Guadalajara
lucia.garnica6658@alumnos.udg.mx

En los últimos años el municipio de Zapopan en el estado de Jalisco, ha presentado un acelerado crecimiento poblacional y de infraestructura, esto conlleva al aumento en la demanda de agua y la reducción de la disponibilidad de los acuíferos. De acuerdo con el censo de población y vivienda, Zapopan cuenta con 1,476,491 habitantes superando a la capital del estado que es Guadalajara. El abastecimiento de agua subterránea proviene de tres acuíferos; Arenal, Toluquilla y Atemajac, de este último se extrae agua para abastecer la mayor parte de la zona urbana. Debido a la sobreexplotación de los acuíferos, no hay nuevas concesiones, urge estudiar alternativas. En el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) se encuentran más de mil datos de volúmenes de extracción de agua subterránea correspondientes a este municipio, de acuerdo con los títulos de concesiones se clasifican distintos usos, predominando el público urbano y seguido por el agrícola. Mediante el análisis de datos de pozos recientes, provenientes de diferentes dependencias, como CONAGUA y organismos operadores, se llegó a un diagnóstico preliminar del comportamiento del agua subterránea en el municipio de ZAPOPAN.

GGA-2

TRABAJO EXPERIMENTAL PARA CUANTIFICAR Y ANALIZAR LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE UNA DISCONTINUIDAD GEOLÓGICA ACTIVA

Hernández Marín Martín¹, González Cervantes Norma¹, Pacheco Martínez Jesús¹ y Rodríguez Padilla Christian Emmanuel²

¹Universidad Autónoma de Aguascalientes
²Geofísica Aplicada a la Geotecnia S.C.

martin.hernandez@edu.uaa.mx

Para este trabajo se analizó la influencia de dos discontinuidades geológicas superficiales sobre las propiedades hidráulicas del subsuelo adyacente, estudiando un área afectada por una falla y una fractura, las cuales forman parte de un sistema de discontinuidades activas localizado dentro del Valle de Aguascalientes (VA), México. Una característica importante de ambas discontinuidades es que son de carácter local y que están asociadas a la subsidencia que el VA experimentado en las últimas décadas. Como parte fundamental de la metodología, se aplicaron pruebas de permeabilidad y Tomografía de Resistencia Eléctrica (TER), la primera utilizando un permeámetro de campo tipo Pask. Primeramente se obtuvieron perfiles de 33 metros de tasas de infiltración y conductividad hidráulica (Ka), así como perfiles de 38 metros de TER, con el fin de obtener y analizar las características generales del subsuelo y discontinuidades. Posteriormente, se aplicaron ensayos sincronizados de permeabilidad y TER en 4 puntos situados a distancias inferiores a un metro de las discontinuidades, y en perfiles de 20 metros, respectivamente. Los perfiles TER obtenidos a partir de estos ensayos sincronizados permitieron visualizar la trayectoria del flujo de agua inyectada en el subsuelo a través del permeámetro, así como la influencia de las discontinuidades sobre los parámetros hidráulicos mencionados. Los resultados muestran un incremento de los parámetros hidráulicos obtenidos en las zonas próximas a las discontinuidades, en particular de la falla, y en general los valores son superiores en la zona comprendida entre ambas discontinuidades, con hasta dos órdenes de magnitud, obteniéndose valores máximos de 2.08E-03 m/s para la velocidad de infiltración y 5.22E-05 m/s de conductividad hidráulica. Por otro lado, la metodología implementada permitió observar que las discontinuidades, en particular la falla, influyen directamente en la trayectoria del agua infiltrada, permitiendo que el agua tienda a dirigirse hacia el plano de desplazamiento.

GGA-3

ANÁLISIS DE CONTAMINACIÓN DE CUERPO DE AGUA EN LA DISPOSICIÓN CLANDESTINA DE HIDROCARBUROS EN TALA JALISCO

Sandoval Hernández Juan Manuel¹, Escudero Ayala Christian René¹, García García Edith Xiomara¹ y Martínez Moreno Francisco José²

¹Universidad de Guadalajara
²Universidad Complutense de Madrid
juan.sandoval@cusur.udg.mx

El transporte de hidrocarburos por ductos disminuye costos y riesgos ambientales. La sustracción ilícita provoca fugas en el subsuelo de cualquier índole. En condiciones geológicas e hidrogeológicas favorables, la infiltración alcanza los mantos freáticos. El aprovechamiento de aguas subterráneas contaminadas representa riesgos a la salud pública. La interacción entre el contaminante, subsuelo y aguas subterráneas generan cambios físicos, químicos y mecánicos en las partículas del subsuelo natural, que a su vez generan lixiviados, transportados en dirección de flujo de aguas subterráneas. El análisis del fenómeno sugiere degradación del diseño sustentable de la infraestructura de transporte de hidrocarburos, debido a los reportes de contaminación de aguas subterráneas. El objetivo es identificar la posible procedencia de la fuente de contaminación, delimitando el área de estudio y caracterizando el subsuelo, aplicando métodos de prospección y exploración geofísica. El análisis geológico, hidrogeológico, hidrogeológico, y los cambios en las partículas del subsuelo debidas al fluido contaminante, son fundamentales para elegir las metodologías geofísicas. La edad de ocurrencia de la fuga determina las propiedades físicas esperadas en la exploración. El estudio se realizó en Tala, Jalisco, México, sobre la infraestructura de poliductos. El punto de contaminación se identifica sobre el afluente del río "El Salado". Con los métodos geofísicos, se identificó estratos, zona saturada y densidad de rocas. Del modelo de resistividad 2D, en la capa somera se observan resistividades anómalas mayores a 6000 Ohm m, de las que se interpreta relación con anomalía de campo total. Sin embargo, no concuerdan con la geología local, lo que sugiere que pudieran estar relacionados con la ubicación de la fuente de contaminación que emana al afluente del río.

GGA-4

MONITOREO DE ALTERACIONES AL RELIEVE EN UNA ZONA MINERA DE ZACATECAS UTILIZANDO TELEDETECCIÓN Y SIG

Dávila Cisneros Saúl, Castañeda Miranda Ana Gabriela, Bautista Capetillo Carlos Francisco, Mattos Villarroel Erick Dante, Robles Rovelo Cruz Octavio y Rodríguez Abdalá Viktor Iván

Universidad Autónoma de Zacatecas
davila84@uaz.edu.mx

La minería es la industria encargada de extraer minerales del suelo y subsuelo, la cual atrae inversión extranjera y creación de empleos, sin embargo, durante sus actividades origina diversos impactos negativos ambientales, visuales y sociales. Algunos de estos impactos son cambios en la corteza terrestre, la hidrografía, la flora y la fauna; contaminación del aire, el suelo y el agua; deterioro de la calidad de vida de los habitantes de las comunidades cercanas y de los trabajadores de las minas. Por lo anterior expuesto se realizó una investigación cuyo objetivo general fue monitorear las alteraciones al relieve en una zona minera utilizando teledetección y sistemas de información geográfica (SIG). La investigación se llevó a cabo en la zona minera ubicada en el municipio de Mazapil, estado de Zacatecas, México y específicamente en la mina Peñasquito. De la información analizada se detectaron alteraciones al relieve muy significativas, con excavaciones mayores a 334m y rellenos de material de desperdicio de más de 152m de elevación con respecto al terreno natural. También se estimaron los volúmenes de corte y relleno para cada pixel del Modelo Digital de Elevaciones (MDE), un volumen total de corte de 413'524,124 m³ y un volumen total de relleno de 431'194,785 m³ hasta el año 2014. Como podemos observar de los resultados, las imágenes satelitales y MDE de diferentes fechas son útiles para monitorear alteraciones al relieve como: excavaciones, rellenos y volúmenes de una zona minera. Sin embargo, la metodología está limitada por la precisión, resolución y disponibilidad de las imágenes y de los MDE.

GGA-5 CARTEL

ANÁLISIS DE MICROPLÁSTICOS EN HIELO Y AGUA GLACIAR: EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN MONTAÑAS DE PERÚ Y BOLIVIA

Calvo Ramos Daniela kristell, Goque Cruz Regina, Vega González Marina, Carrillo Chávez Alejandro, Ontivero González Guillermo, Flores Ocampo Itzamna Zaknite y Armstrong Altrín John S.

Instituto de Geociencias, UNAM
dcalvo@geociencias.unam.mx

Los microplásticos (MPs) son partículas que resultan de la degradación de materiales plásticos (macroplásticos), los MPs tienen un tamaño de 0.1 μm hasta 5 mm y debido a la mala disposición de desechos, terminan en cuerpos de agua, suelos, aire, estos contaminantes han llegado a invadir a todos los ecosistemas y ha logrado escabullirse en la cadena trófica. En este trabajo se analizaron 6 muestras de nieve de Tocllaraju, Cordillera Blanca en Perú; 8 muestras de nieve y agua glaciar de diversas montañas de Bolivia. Los MPs se separaron de las muestras líquidas a partir de la separación por densidad con una solución saturada de NaCl 1:3. En promedio se encontraron 21.2 partículas de MPs/L, a comparación de trabajos similares donde se han encontrado 440 partículas de MPs/L en aguas superficiales de China (Tong et al., 2020) y 13 partículas de MPs/L en envases para agua en Australia (Samandra et al., 2022). Por espectroscopia IR-ATR se analizó la composición y tipo de polímero presente. El color de los MPs identificados fueron rojo, azul, negro, verde y transparente. Se identificaron 7 tipos diferentes de polímeros poliacrilonitrilo (PAN), estireno acrilonitrilo (SAN), poli etil acrilato (PEA), celofán (CP), acetato de polivinilo etileno (PVAE), poliéster (PES) y tereftalato de polietileno (PET). Los MPs son un problema ambiental no solo en los sedimentos ahora los encontramos en montañas que, a pesar de su aislamiento geográfico, la contaminación por MPs ha logrado adentrarse en estas regiones montañosas.

GGA-6 CARTEL

COMPARACIÓN DE DIGESTIONES ABIERTAS Y CERRADAS PARA EXTRACCIÓN DE ZN, PB Y CD EN MUESTRAS DE SUELOS Y SEDIMENTOS

Neri Hernández Omar¹, Armienta Hernández María Aurora¹, Olvera Cedillo José Ramón², Sosa Islas Antonio Salvador³, Cruz Ronquillo Olivia¹, Aguayo Ríos Alejandra¹, González Guadarrama María de Jesús¹ y Ruiz Huerta Esther Aurora¹

¹Instituto de Geofísica, UNAM
²Facultad de Estudios Superiores, Zaragoza, UNAM
³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
omarneri@igefisica.unam.mx

El presente trabajo tiene como objetivo principal comparar las técnicas de digestión-ácida-total-abierta (con parrilla de calentamiento) y digestión-ácida-total-cerrada (acelerada con horno de microondas marca CEM), empleando como fases extractantes agua regia (HCl:HNO₃ 3:1 v/v) y agua regia inversa (HCl:HNO₃ 1:3 v/v). Dichas digestiones fueron aplicadas a dos matrices de muestras sólidas: (1) suelos de la región de Zimapan, Hidalgo, México, y (2) sedimentos pertenecientes al río Tamar, Argentina, para conocer el porcentaje de extracción de Cd (cadmio), Pb (plomo) y Zn (zinc). La cuantificación de estos metales en las fases extractantes se realizó mediante espectrofotometría de absorción atómica con flama (AA) y espectroscopia de emisión por plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES). El análisis estadístico empleado fue mediante pruebas de hipótesis, específicamente la prueba t-de-student (tamaño de muestra menor a 30). Se realizaron las pruebas de hipótesis mediante (1) prueba-t para dos muestras suponiendo varianzas iguales y (2) prueba-t para medias de dos muestras emparejadas. Se estableció un alfa de 0.05 (nivel de probabilidad/confianza del 95%). La diferencia entre dos medias, a dos colas indicó si la hipótesis nula era aceptada o rechazada. Se tomaron dos criterios: (1) si el valor absoluto calculado t-Student (estadístico-t) fuese mayor al t-tabulado (Valor crítico de t a dos colas) y (2) si el P-valor fuese menor al alfa de significancia de la prueba t-de-student (Alpha = 0.05). Si ambos criterios se cumplían, existía evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula (H₀: $\mu_1 = \mu_2 \rightarrow \mu_1 - \mu_2 = 0$). En los casos en los que la hipótesis nula (H₀) fue rechazada, se concluyó que estadísticamente, hay diferencia significativa entre ambas medias (H₁: $\mu_1 \neq \mu_2 \rightarrow \mu_1 - \mu_2 \neq 0$). Los resultados indicaron que para la prueba t-de-student para dos muestras independientes con varianzas iguales, no existe diferencia significativa entre ambos procedimientos (digestión cerrada y digestión abierta) y entre ambas fases extractantes (agua regia y agua regia inversa) para los tres elementos (zinc, cadmio y plomo) en ambas matrices (suelos y sedimentos). Sin embargo, para la prueba t-de-student para dos muestras relacionadas o pareadas, existió diferencia significativa en los siguientes casos: (1) para las muestras de suelos, utilizando tanto agua regia como agua regia inversa, se obtiene una mayor concentración de zinc, cadmio y plomo, en digestión cerrada respecto a digestión abierta, (2) para las muestras de sedimentos, utilizando tanto agua regia como agua regia inversa, se obtiene una mayor concentración de cadmio y plomo, en digestión cerrada respecto a digestión abierta, y (3) para las muestras de suelos y sedimentos, utilizando únicamente digestiones cerradas, se obtiene una mayor concentración de plomo, con agua regia respecto al agua regia inversa. Los resultados de este estudio indican que, para mejorar la cuantificación de estos tres metales en suelos y sedimentos, las digestiones cerradas proporcionan una mejor extracción; y, únicamente para el caso del plomo, se recomienda el empleo de agua regia y digestión cerrada.

GGA-7 CARTEL

REVISIÓN DE LAS CONDICIONES DE APORTE HÍDRICO DE LA FALLA CHAVENO 1 EN JESUS MARÍA

Delgado Franco Ángel Adrián, Hernández Marín Martín y Arzate Cárdenas Mario Alberto
Universidad Autónoma de Aguascalientes
al149303@edu.uaa.mx

Como parte de un trabajo de tesis de maestría, este trabajo se desarrolla sobre la potencial capacidad de infiltración de agua en un segmento de la falla "El Chaveño 1", en Jesús María, Aguascalientes, el cual está asociado a una zona donde la escorrentía cambia visualmente su flujo de escorrentía de horizontal a mayormente vertical, lo cual potencializa la infiltración. La cuenca en la que se encuentra la falla es una zona en la que se practican actividades como ganadería, agricultura y fabricación de ladrillos, mismas que generan gran cantidad de residuos y contaminantes, los cuales, son transportados principalmente sobre por el agua que escurre hacia la zona de la falla. Como parte de los trabajos que se han realizado en la investigación, se incluyen la revisión de las características hidrológicas de la cuenca sobre la que se encuentra la falla, enfocándose principalmente en los volúmenes de escurrimiento; un análisis de las condiciones antropogénicas que sean potencial foco de contaminación del agua superficial, para ello se está realizando un análisis toxicológico del agua mostrada en las estaciones seca y húmeda; también se estudian las propiedades hidrogeológicas del suelo superior de la zona aledaña a la falla mediante mediciones con un permeámetro de campo; y finalmente mediante geofísica, principalmente resistividad eléctrica, se analizan las condiciones aledañas a la falla como canal de infiltración y potencial recarga del acuífero. Se está revisando además la calidad del agua de las muestras y comparando con los estándares de las normas mexicanas vigentes, tanto para el agua almacenada en la cuenca como en los pozos de extracción cercanos a esta zona de infiltración. Los resultados permitirán definir el rol de la falla en la infiltración de agua así como la calidad con la que ésta entra en el subsuelo.

GGA-8 CARTEL

ESPECTROMETRÍA DE RAYOS GAMMA IN SITU COMO NUEVO MÉTODO NO DESTRUCTIVO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE ROCAS DE CONSTRUCCIÓN

Méndez Gaona Alejandro¹, Yutsis Vsevolod¹ y López Doncel Rubén Alfonso²

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICTY
²Instituto de Geología, UASLP
alejandro.mendez@ipicyt.edu.mx

Los métodos no destructivos han ganado popularidad en los últimos años para el estudio de las construcciones y monumentos que son parte del patrimonio cultural de cualquier país porque, como su nombre lo indica, no son destructivos ni invasivos, ayudando de esta forma a su conservación. A pesar de la gran variedad de técnicas no destructivas, la radiometría no ha sido utilizada ampliamente en la evaluación de las rocas de construcción, por lo cual aquí se presenta una metodología novedosa con este propósito. La nueva metodología implica: el levantamiento de datos de espectrometría de rayos gamma (radiación total y concentraciones de potasio, uranio y torio) con un espectrómetro portátil; las correcciones típicas y otras propuestas con respecto a la humedad, superficie y lugar de medición; la interpretación de los datos de acuerdo con la litología, mineralogía, meteorización/deterioro y propiedades físicas de las rocas. Se puso a prueba la nueva metodología en dos monumentos icónicos de San Luis Potosí: la Caja del Agua Conservera y Caja del Agua del Santuario. Ambas fueron construidas con ignimbritas riolíticas de la Formación Cantera (Oligoceno) que afloran en la Sierra de San Miguelito al oeste, suroeste y sur de la ciudad. Los resultados indicaron que la espectrometría de rayos gamma es útil para detectar las variaciones en los radioelementos, principalmente de potasio, que pueden deberse a la meteorización química. También se encontró que la espectrometría de rayos gamma puede ayudar para detectar zonas con humedad y sales porque estas contribuyen a la atenuación de la radiación. Por lo tanto, la nueva metodología propuesta tiene potencial para la caracterización de las rocas usadas en el patrimonio cultural.

GGA-9 CARTEL

DETECCIÓN DE CLOROFILA-A DENTRO DE LA PRESA BENITO JUÁREZ EN CD. JUÁREZ, CHIHUAHUA, MEDIANTE ALGEBRA DE BANDAS UTILIZANDO CUBESATS

Alvarado Soto Sergio, Guerra Valdez Perla Michelle, Pérez Ruiz Eli Rafael, Domínguez Acosta Miguel y Izaguirre Pompa Aldo
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
sergio.alvarado@uacj.mx

La teledetección aplicada al monitoreo de la calidad del agua es una herramienta que cada vez cobra más relevancia y utilidad. El empleo de sensores remotos es una fuente de información previa a un muestreo de agua en forma o incluso dar pie a uno. Al estar en contacto con diversos factores contaminantes, las aguas superficiales suelen ser muy vulnerables por lo que su constante observación es necesaria. La calidad del agua de cuerpos hídricos cercanos y accesibles a la población es importante. Las enfermedades por el contacto con el agua no apta para el uso humano desencadenan situaciones graves donde la fauna y la flora no siempre quedan exentas. Las grandes formaciones de cianobacterias, también

conocidas como algas verdeazuladas, son un agente relevante en la alteración de la actividad normal del entorno. Son un indicio del exceso de nutrientes, como el fósforo y el nitrógeno, así como la advertencia de futuras pérdidas de oxígeno disuelto en el agua. La escasez de oxígeno conduce a un decaimiento en la calidad del agua. En este proyecto, se hizo uso del álgebra de bandas para evaluar la condición del agua contenida en la Presa Benito Juárez, ubicada a las afueras de la colonia Puerto Anapra, en Ciudad Juárez. Principalmente, se dio el enfoque a la detección de la presencia de clorofila-a, misma que nos permitió conocer el comportamiento de las cianobacterias, así como darnos una idea de sus niveles en el agua. Cabe señalar que este cuerpo de agua se encuentra a pocos metros de varias casas habitación y que, además, las visitas con fines turísticos también son un factor de contacto con el área. Para los resultados obtenidos, se usaron imágenes satelitales tomadas del satélite PlanetScope. Las bandas espectrales fueron determinadas a partir de las características y funcionalidad de las bandas usadas en una expresión aplicada previamente en escenas del satélite Landsat 8 y 9; y corresponden a una ubicación espacial ajena a la presente área de estudio. Los rangos nanométricos espectrales seleccionados fueron los correspondientes al azul costero, azul, verde I, verde, amarillo, rojo e infrarrojo cercano.

Sesión regular

GEOMAGNETISMO Y PALEOMAGNETISMO

Organizadores

Alejandro Rodríguez Trejo
 Fredy Rubén Cejudo Ruiz
 Miguel Angel Cervantes Solano

GEOPAL-1

REVISIÓN DEL REGISTRO PALEOMAGNÉTICO DEL CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE DURANTE LOS ÚLTIMOS 5 MA OBTENIDO EN ROCAS ÍGNEAS PERTENECIENTES AL CAMPO VOLCÁNICO MICHOACÁN GUANAJUATO

Cervantes Solano Miguel Ángel¹, García Ruiz Rafael², Gogichaishvili Avto³, Pérez Rodríguez Nayeli³ y Morales Contreras Juan²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, ENES Morelia

²Unidad Michoacán del Instituto de Geofísica, UNAM

³UNAM Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia
 miguel_cervantes@enesmorelia.unam.mx

Hasta ahora el registro del Campo Magnético Terrestre más confiable en el pasado geológico es el que proviene de las rocas volcánicas ya que debido a la presencia de los minerales magnéticos en ellas, éstas poseen la capacidad de registrar las características del campo magnético al momento de su formación, llamada magnetización remanente, la cual al ser estudiada en el laboratorio nos permite conocer dichas características. Estudios paleomagnéticos recientes realizados en rocas volcánicas han producido nuevos datos de alta calidad técnica que han permitido mejorar significativamente los modelos del campo geomagnético y de variación paleo secular, esto trae como consecuencia la necesidad de revisar sistemáticamente los datos paleomagnéticos más antiguos con la finalidad de descartar algún sesgo metodológico o de baja precisión que pudieran comprometer la calidad y las implicaciones de los modelos. En México, recopilaciones recientes han demostrado que, si se consideran los criterios de selección utilizados en para los modelos globales de PSV, la calidad de los datos provenientes de la Faja Volcánica Transmexicana es irregular ya que, en estas compilaciones se descartaron cerca del 50 % de los datos publicados. Existen también reportes sobre registros paleomagnéticos en rocas ígneas de la FVTM que cuentan con una misma edad asociada, pero con direcciones paleomagnéticas discordantes las cuales han sido atribuidas a movimientos locales no advertidos o a diferencias en la localización de los sitios de muestreo lo que dificulta su inclusión en los modelos de PSV. En el presente trabajo se reportan los resultados de un nuevo estudio paleomagnético y de magnetismo de rocas realizado en rocas provenientes del campo volcánico Michoacán Guanajuato formadas durante los últimos 5Ma. En total se estudiaron 12 unidades volcánicas con edades isotópicas que cuentan con direcciones paleomagnéticas previamente reportadas pero que no cumplen con los criterios de calidad estrictos o bien, presentan direcciones de polaridad geomagnética contradictoria respecto de registros de la misma edad.

GEOPAL-2

ESTUDIO PALEOMAGNÉTICO EN LA PURÍSIMA (BAJA CALIFORNIA SUR)

Sebastián Reyes José Daniel¹, García Ruiz Rafael², Ramón Avellán Denis³, Viramontes Gamboa Gonzalo¹, Gogichaishvili Avto², Cervantes Solano Miguel Ángel³ y Morales Contreras Juan Julio²

¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

²Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM

³Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM
 jdannys18@gmail.com

El Campo Volcánico la Purísima (CVLP) se localiza en el estado de Baja California Sur, se extiende sobre un área de ~9000 km², colindando al este con el Golfo de California y al oeste con la costa del Pacífico. El vulcanismo en la región tuvo cambios tectónicos interesantes que se dieron durante los últimos 15 Ma. Pero el CVLP se formó ~5.5Ma, lo que lo hace de sumo interés para realizar estudios paleomagnéticos ya que es una zona poco estudiada y cuenta con estudios geológicos que han reportado edades confiables radiométricas. En el presente trabajo se presentan los resultados de magnetismo de rocas y paleomagnéticos de 12 flujos de lavas independientes que pertenecen al CVLP con edades en un rango de edad que van desde 0.01 Ma a 2.72 Ma. Donde se observó un comportamiento relativamente estable en las curvas de calentamiento y enfriamiento de k vs. T, con claros indicadores de titanomagnetita en bajos y altos contenidos. Se obtuvieron direcciones paleomagnéticas mediante desmagnetizaciones por campos

alternos para los especímenes de cada flujo de lava independiente, logrando obtener las direcciones medias de cada uno de los flujos de interés. Se obtuvieron ocho direcciones medias con polaridad normal, dos con polaridad invertida, y dos con direcciones aparentemente transicionales (considerando el ángulo de corte de VGP latitudinal de 45° y 60°). Dichos resultados se compararon con estudios previos en los Complejos Tres Vírgenes y San Quintín (Baja California Sur y Baja California), junto con estudios previos del centro de México, para obtener un análisis de Variación Paleo secular. Palabras claves: La Purísima, magnetismo de rocas, campos alternos, paleodirecciones medias, VGPS, direcciones transicionales.

GEOPAL-3

PALEOINTENSIDAD RELATIVA Y PROPIEDADES MAGNÉTICAS DE UNA ESTALAGMITA DE 1300 AÑOS: AVANCES EN LA METODOLOGÍA DE PREPARACIÓN Y MEDICIÓN

Rodríguez-Trejo Alejandro, Böhnell Harald y Ibarra Ortega Héctor Enrique
 Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geociencias, UNAM
 alexrt@geociencias.unam.mx

Las estalagmitas contienen un registro casi continuo de la configuración del campo magnético terrestre (CMT) a lo largo del tiempo, lo que las convierte en registros paleomagnéticos de gran valor. Este registro se forma mediante la deposición continua de minerales como el carbonato de calcio, que precipitan en sistemas kársticos, dando lugar a la formación de espeleotemas. Durante este proceso, pueden incorporarse minerales magnéticos como magnetita o hematita, que capturan la orientación y la intensidad del CMT en el momento de su deposición. Analizando estas capas sedimentarias y conociendo su edad con precisión, es posible reconstruir la evolución del CMT con mayor resolución, registrando de manera eficiente excursiones geomagnéticas. Además de obtener información sobre las condiciones ambientales y climáticas que prevalecieron durante su formación. En este trabajo se describe la metodología desarrollada para la preparación y medición de muestras de espeleotemas en el laboratorio para la obtención de datos paleomagnéticos. Se presentan resultados de paleointensidad relativa y propiedades magnéticas obtenidos en una estalagmita del Holoceno, colectada en Cuba, con una edad de entre 0 y 1.3 Ka. Debido a la baja magnetización de las muestras, las mediciones de magnetización remanente natural (NRM) se realizaron en un magnetómetro FIT, equipado con un sensor QuSpin QZFM que presenta un nivel de ruido inferior a 10⁻⁷ A/m. Adicionalmente, se realizaron desmagnetizaciones por campo alterno (AF) de las muestras. Las propiedades magnéticas evaluadas incluyen curvas de histéresis, IRM y dIRM, susceptibilidad magnética y curvas termomagnéticas. Las mediciones se llevaron a cabo en el Laboratorio de Paleomagnetismo y Magnetismo de Rocas del Instituto de Geociencias, UNAM Campus Juriquilla. Los resultados obtenidos, en combinación con datos de paleointensidad absoluta de rocas volcánicas, son útiles para calibrar curvas de variación paleosecular de mayor precisión para el Holoceno.

GEOPAL-4

ESTUDIO ARQUEOMAGNÉTICO REALIZADO EN SEIS ESTRUCTURAS IN SITU PERTENECIENTES A LA ZONA ARQUEOLÓGICA DE TEOTIHUACÁN

Arreola Karen¹, Gogichaishvili Avto², Cejudo Rubén², Ortega Verónica¹, Torres Gloria³, Archer Jorge³ y Morales Juan²

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Servicio Arqueomagnético Nacional, Instituto de Geofísica, UNAM campus Morelia

³Instituto Nacional De Antropología e Historia, México
 karenarreolaromero94@gmail.com

En este trabajo se realizó un estudio arqueomagnético y magnetismo de rocas realizado en seis estructuras in situ pertenecientes a la zona arqueológica de Teotihuacán, con la finalidad de obtener nuevas edades sobre el abandono y declive de Teotihuacán. Las muestras fueron extraídas de Plaza de la Luna, Cuarto de las Columnas, Conjunto Noroeste de Río San Juan, Conjunto Edificios Superpuestos y Plaza Oeste. Con los tratamientos magnéticos y de magnetismo de rocas los resultados obtenidos para la mineralogía magnética, se encontró la presencia de minerales magnéticos como titanomagnetitas ricas y pobres en titanio, aunque

también se encontró la existencia de hematita; para los siete bloques, los valores de declinación e inclinación varían entre 339.6° - 358.8° y 32.5° - 45.4° respectivamente; para obtener los valores de intensidad absoluta se realizó el método de doble calentamiento tipo Thellier, obtenido determinaciones confiables; por último, con los datos obtenidos de los experimentos se realizó la datación arqueomagnética usando las curvas locales disponibles para Mesoamérica y modelos recientes. Los intervalos obtenidos no corresponden a una sola fase cultural, al contrario, aparentemente las estructuras fueron incendiadas durante las fases Tlamimilolpan, Xolalpan y Metepec, contribuyendo a la teoría sobre los eventos incendiarios por parte de la cultura teotihuacana con una carga simbólica mediante el fuego.

GEOPAL-5

EL DEBATE SOBRE EL COLAPSO DEL SITIO ARQUEOLÓGICO PLAZUELAS EN LA FRONTERA NORTE DE MESOAMÉRICA, CONTRIBUCIONES DESDE EL ARQUEOMAGNETISMO

García Pimentel Alejandra Guadalupe¹, Gogichaishvili Avto¹, Ortega Rivera Ma. Ruth², García Ruiz Rafael¹, Cejudo Rubén¹, Kravchinsky Vadim³, Cervantes Solano Miguel Ángel¹ y Morales Juan¹

¹Instituto de Geofísica, UNAM campus Morelia

²INAH, Delegación Guanajuato

³Department of Physics, UNIVERSITY OF ALBERTA, EDMONTON, ALBERTA, CANADA

alejandra9_15@hotmail.com

Los asentamientos prehispánicos de la Tradición Bajío, la cual ocupa territorios del actual estado de Guanajuato y zonas adyacentes, fueron casi aniquilados por los eventos bélicos de la cultura Chichimeca. La zona arqueológica de Plazuelas ubicada sobre esta región cuenta con numerosas estructuras in situ completamente quemadas, por lo que representa un excelente objetivo arqueomagnético. Se piensa que el aparente colapso de Plazuelas se debió a conflictos de guerras locales y/o sociales, con esta investigación se pretende aportar nuevos datos de cronología absoluta que lo sustenten. Para alcanzar nuestro objetivo se realizó un estudio arqueomagnético y de magnetismo de rocas sobre 3 pisos quemados in situ del sitio arqueológico. Se trabajó con un total de 120 especímenes cúbicos. Con la finalidad de obtener las direcciones de la remanencia característica 56 especímenes fueron sometidos al proceso de desmagnetización por campos alternos, observando evidencia de una magnetización de una sola componente de comportamiento estable transportada por magnetita o titanomagnetita pobre en titanio. Se realizaron también experimentos de paleointensidad a 64 especímenes, siguiendo el método de doble calentamiento de Thellier modificado por Coe, que incluyó una corrección por anisotropía de la remanencia. Se realizó una datación arqueomagnética basada en vectores geomagnéticos completos utilizando los modelos geomagnéticos globales SHA.DIF.14K y SHAWQ.2K, así como las Curvas de Variación Paleosecular regionales disponibles para Mesoamérica. Los intervalos de edad más probables obtenidos para los pisos quemado caen sobre el Posclásico Temprano. Además, se calcularon intervalos de edad óptima mediante un método de remuestreo Bootstrap. Las hipótesis arqueológicas sobre el colapso repentino de Plazuelas durante el Posclásico, que incluyen destrucción intencionada, mutilación e incendio generalizado del sitio debido a malestares sociales y/o eventos bélicos quedan sustentadas cronológicamente con las edades obtenidas en este estudio. Palabras clave: Mesoamérica, Plazuelas, Colapso, Incendio, Arqueomagnetismo, Posclásico

GEOPAL-6

CRONOLOGÍA ABSOLUTA DEL SITIO ARQUEOLÓGICO LA QUEMADA (ZACATECAS) BASADA EN EDADES ISOTÓPICAS Y ARQUEOMAGNETICAS

Sánchez Ruiz Andrea¹, Gogichaishvili Avto¹, Torreblanca Carlos² y Morales Juan¹

¹Servicio Arqueomagnético Nacional, Instituto de Geofísica, UNAM campus Morelia

²INAH, Delegación Zacatecas

andrea032390@gmail.com

El sitio arqueológico de La Quemada fue uno de los asentamientos más importantes de la frontera norte de Mesoamérica. Cuenta con numerosos datos cronológicos con las cuales se pudieron definir tres fases ocupacionales: Malpaso (400-600/650 AD), La Quemada (600/650-850 AD) y Ciudadela (850-1000 AD). En este trabajo se realizó una recopilación y análisis detallado de la cronología del sitio arqueológico de La Quemada, basado en edades disponibles hasta la fecha incluyendo tres nuevas edades obtenidas a partir de un reciente estudio arqueomagnético en la Plaza de los Sacrificios y Salón de la Ciudadela. Esto con la finalidad de verificar o, en su caso, proponer un modelo cronológico para La Quemada que de ser posible corrobore una posible reocupación del sitio.

GEOPAL-7

ESTUDIO ARQUEOMAGNÉTICO INTEGRAL REALIZADO A LA CERÁMICA PREHISPÁNICA MÁS ANTIGUA DE AMÉRICA (PUERTO CHACHO, CARIBE COLOMBIANO)

Pacheco Ricardo¹, Gogichaishvili Avto¹, Cejudo Rubén¹, García-Ruiz Rafael¹, Montejo Fernando¹, Kravchinsky Vadim³, Cervantes Miguel¹, Reina Carlos² y Morales Juan¹

¹Servicio Arqueomagnético Nacional, Instituto de Geofísica, UNAM campus Morelia

²Instituto Colombiano de Antropología e Historia, Bogotá, Colombia

³Geophysics, Department of Physics, University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada
ricardo.pacheco.baltazar@gmail.com

A pesar de que en los últimos años el número de estudios arqueomagnéticos ha ido en aumento, la distribución de estos no es homogénea, existen aún regiones como el Caribe Colombiano donde la escasez de datos dificulta el entendimiento de la variación del campo magnético terrestre (CMT) en la región. La región caribeña de Colombia se caracteriza por un alto valor cultural y arqueológico, esta se distingue por presentar las primeras redes alfareras del continente americano. El sitio arqueológico conocido como el Conchal de Puerto Chacho fue descubierto y estudiado sistemáticamente por Thierry Legros en 1988 quien determinó que en el lugar se encontraban las cerámicas más antiguas del continente. En un estudio arqueométrico previo en cerámicas de entre 5940 ± 60 a 5190 ± 40 BP provenientes del sitio de San Jacinto, el cual es coetáneo a Puerto Chacho, se reportaron 36 valores de intensidad mediante el método de Thellier de doble calentamiento los cuales variaron entre 50.7 ± 4.7 a 65.3 ± 11.9 ???T con un momento dipolar virtual axial (VADM) asociado que varió entre 12.6 ± 1.2 a $16.2 \pm 2.9 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ sugiriendo un valor pico en la intensidad del CMT en la región durante la época, siendo la primera vez que se observa para antes del 1000 BC. Por lo tanto el objetivo de este trabajo fue realizar un estudio arqueomagnético y de magnetismo de rocas en 10 fragmentos cerámicos provenientes de Puerto Chacho con el fin de aportar nuevos datos de intensidad absoluta para la región y confirmar un posible valor pico en la intensidad del CMT en la región durante el 5500 BP. Se realizaron experimentos de magnetismo de rocas para determinar la mineralogía magnética portadora de la magnetización en las cerámicas así como la estabilidad del vector magnético, esto para seleccionar las muestras candidatas a los experimentos de intensidad siguiendo la metodología de Thellier-Coe de 14 dobles calentamientos. Los valores de intensidad absoluta que se determinaron variaron entre 8.7 ± 0.5 a 27.3 ± 1.2 ???T lo que corresponde a un VADM de entre 2.2 ± 0.1 and $6.8 \pm 0.3 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ quedando por debajo de lo que predicen los modelos geomagnéticos globales y lo que se observa en los estudios previos. Se realizó un análisis estadístico bootstrap junto a una recalibración de las edades de radiocarbono disponibles que mostró que Puerto Chacho presenta una distribución de edades más joven a San Jacinto por lo que posiblemente el CMT en la región sufrió considerables variaciones en su intensidad durante el 6000 al 5000 BP aunque aún no es posible establecer conclusiones debido a la escasez de información.

GEOPAL-8

VARIACIÓN DE LA DECLINACIÓN MAGNÉTICA EN SUDAMÉRICA

Guillén Arandía Germán¹, García Ruiz Rafael¹, Gogichaishvili Avto¹, Cervantes Solano Miguel Ángel² y Morales Contreras Juan Julio¹

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²ENES Unidad Morelia, UNAM

german_arandia@comunidad.unam.mx

El estudio del campo magnético terrestre (CMT), es fundamental para detectar sus cambios más significativos en el tiempo y su relación con los procesos magnetohidrodinámicos en el núcleo externo, debido a esto el desarrollo de curvas de variación paleosecular (CVPS) es determinante pues muestra de manera continua la evolución del CMT para los últimos cientos o miles de años. Las CVPS se nutren a partir de: datos de estaciones de repetición, mediciones sistemáticas de observatorios, mediciones arqueomagnéticas, y registros históricos. En el presente trabajo se tiene el objetivo de obtener CVPS basadas en observaciones históricas en el sur de América, donde predominan los datos direccionales. La base de datos consta de cerca de cinco mil registros históricos obtenidos de la plataforma HISTMAG, distribuidos en el período entre 1500 y 1900 d.C. La construcción de dichas CVPS se basan en la densidad de los datos dentro de un área no mayor a un radio de 1200 km del punto de medición. Dada la extensión de América del Sur, seleccionamos seis sitios de referencia: Teresina (Brasil), Río de Janeiro (Brasil), Montevideo (Uruguay), Santa Cruz (Argentina), Valparaíso (Chile) y Huancayo (Perú) para el desarrollo de las CVPS de la declinación magnética, mediante el uso de splines cúbicos penalizados, ponderando los errores de relocalización y utilizando el método de Bootstrap para mitigar los datos anómalos. Cada curva obtenida se comparó con los modelos más confiables (GUFM1 y BIGMUDH.1), mostrando un comportamiento consistente y una resolución más fina de la variación de la declinación magnética. Finalmente, estas curvas ofrecen información valiosa sobre regiones donde el campo magnético muestra tendencias particulares.

GEOPAL-9

LAPOD: UNA PLATAFORMA EN LÍNEA PARA CONSULTA DE DATOS DE PALEOMAGNETISMO DE AMÉRICA LATINA

Rodríguez-Trejo Alejandro, Böhnell Harald y Ibarra Ortega Héctor Enrique
Laboratorio de Paleomagnetismo y Magnetismo de Rocas, Instituto de Geociencias, UNAM
 alexrt@geociencias.unam.mx

Presentamos la Base de Datos Paleomagnética en Línea de América Latina (LAPOD por sus siglas en inglés), una plataforma que incorpora una herramienta en línea para la consulta y visualización de datos paleomagnéticos. LAPOD facilita a los usuarios la búsqueda, filtrado y consulta de más de 2000 registros paleomagnéticos de diversas ubicaciones en América Latina, incluyendo América del Norte (México y el suroeste de Estados Unidos), América Central y América del Sur. Los datos han sido previamente validados en cuanto a su ubicación geográfica y edad, asegurando así una mayor fiabilidad. La plataforma está equipada con un motor de base de datos robusto que dispone de hasta 26 filtros, lo que permite a los usuarios realizar consultas con un alto grado de precisión, evitar la duplicación de datos y descargar la información en diversos formatos para su uso particular. Asimismo, ofrece la posibilidad de visualizar gráficamente algunos datos directamente en pantalla, empleando indicadores de color para representar la calidad de los datos y la polaridad magnética. Todos los registros incluidos en LAPOD están debidamente referenciados a sus autores originales, con enlaces a los artículos publicados. LAPOD se concibe como una plataforma impulsada por la comunidad, donde los usuarios pueden contribuir con sus propios datos y proporcionar comentarios sobre los mismos y los de otros investigadores. Este enfoque colaborativo promueve el análisis crítico sobre la fiabilidad de los datos paleomagnéticos y contribuye a un mejor entendimiento del campo magnético terrestre en la región. Además, esta metodología tiene el potencial de ser replicada en otras regiones del mundo, favoreciendo el desarrollo de nuevos modelos globales del campo magnético con mayor precisión. Para acceder a la plataforma, por favor visite: <https://paleomagnetismo.org/pmagdb/>.

GEOPAL-10

PRESENTANDO A LA RED DE ESTACIONES GEOMAGNÉTICAS DE MÉXICO

Corona-Romero Pedro¹, Gonzáles Esparza Juan Américo¹, Pérez Tijerina Eduardo², Villanueva Hernández Pablo¹ y Romero Hernández Esmeralda²

¹Servicio de Clima Espacial México, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM, SCIESMEX / IGUM-UNAM
²UANL

pitier.cr@gmail.com

La Red de Estaciones Geomagnéticas de México (REGMEX) es una iniciativa del Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE) cuyo objetivo es registrar, en tiempo real, el estado del campo geomagnético en el territorio continental de México. REGMEX se orienta al monitoreo del clima espacial; sin embargo sus datos no están restringidos a este propósito. Una vez terminada, REGMEX contará con al menos 5 estaciones geomagnéticas ubicadas en Michoacán, Nuevo León, Sinaloa, Yucatán y Chiapas. En la actualidad REGMEX cuenta con dos estaciones en operación: Coeneo (Mich.) e Iturbide (Nvo. León). En este trabajo presentamos el plan de desarrollo de REGMEX y las colaboraciones estratégicas que permiten extender las capacidades del monitoreo del campo magnético en México.

GEOPAL-11 CARTEL

PALEOMAGNETISMO DE LA ISLA ISABEL, NAYARIT

Aguilar Mariana¹, Böhnell Harald² y Aranda Gómez José Jorge³

¹Facultad de Ingeniería, UNAM

²Centro de Geociencias, UNAM

³Instituto de Geociencias, UNAM

aguilarmarianar9@gmail.com

La Isla Isabel está ubicada aproximadamente a 140 km al norte de Puerto Vallarta, en la región en donde convergen el Golfo de California y Cinturón Volcánico Mexicano. La isla está compuesta por varios volcanes que han emitido materiales piroclásticos, y también flujos de lava de composición alcalina y con xenolitos provenientes del manto. Las lherzolitas del manto son inusuales porque algunas de ellas contienen plagioclasa en lugar de espinela, lo que indica que son de presión relativamente baja. La edad de las rocas de la Isla Isabel es desconocida, ya que los fechamientos de Ar-Ar resultaron con edades cercanas a cero, con grandes incertidumbres y al fin poco convincentes. Sin embargo, con base en los rasgos geomorfológicos de algunos de los volcanes y las características observadas en la superficie de algunos derrames de lava, se cree que las rocas expuestas en la isla pueden ser de edades recientes, posiblemente holocenas. Esto abre la posibilidad para intentar fechamientos paleomagnéticos. Presentaremos los resultados paleomagnéticos obtenidos de diferentes sitios muestreados en la isla y los fechamientos resultantes. Lo que puede contribuir a conocer mejor la historia eruptiva de esta isla volcánica.

Sesión regular

GEOQUÍMICA Y PETROLOGÍA

Organizadores

Mario Emmanuel Boijseaneau López
Johana Andrea Gómez Arango

GEOQP-1

COMPOSICIÓN GEOQUÍMICA E ISOTÓPICA DE SR-ND EN XENOLITOS DE PERIDOTITAS DEL MANTO DE TRES LOCALIDADES DEL NOROESTE DE MÉXICO CON VOLCANISMO MÁFICO ALCALINO DE TIPO INTRAPLACA

Contreras López Manuel¹, Schaaf Peter¹, Martínez Serrano Raymundo G.¹,
Arrieta García Gerardo F.¹, Solís Pichardo Gabriela N.² y Sosa Ceballos Giovanni³

¹Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica, Instituto de Geofísica, UNAM

²Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica, Instituto de Geología, UNAM

³Instituto de Geofísica, UNAM

mcontreras@igeofisica.unam.mx

En México existen varias localidades donde volcanismo máfico alcalino de tipo intraplaca transportó xenolitos del manto a la superficie. Estos xenolitos de lherzolita de espinela pueden proporcionar evidencia directa de la composición geoquímica e isotópica del manto superior. En este trabajo presentamos un estudio geoquímico e isotópico (Sr-Nd) de roca total de xenolitos de lherzolita de espinela ($n = 10$) y de basaltos alcalinos huéspedes ($n = 6$) de tres localidades en el noroeste de México: San Quintín, Baja California, Mesa Cacaxtla, Sinaloa y la isla Isabel, Nayarit. Por medio de la integración de nuestros resultados con datos de la literatura, exploramos las variaciones composicionales del manto por debajo del noroeste de México. Las rocas volcánicas de San Quintín, Isla Isabel y Sinaloa presentan composiciones geoquímicas de basaltos alcalinos, así como concentraciones de elementos traza similar a basaltos de islas oceánicas intraplaca. En cuanto a los xenolitos de lherzolitas, una muestra de San Quintín presentó un patrón de elementos de tierras raras empobrecido y un valor de Mg# igual a 90, similar a los valores de un manto empobrecido promedio (Mg# = 91). Sin embargo, su composición isotópica de Nd, expresada en el parámetro epsilon Nd (Epsilon Nd = +7) es ligeramente menor que el manto empobrecido promedio (Epsilon Nd = +9). Otro xenolito del área de San Quintín, muestra una menor abundancia de elementos de tierras raras, un patrón ligeramente fraccionado y un valor de Epsilon Nd de +5, el cual se encuentra dentro del rango de las rocas volcánicas encajonantes (Epsilon Nd desde +6.4 hasta +5.5). Dos xenolitos de lherzolita de Sinaloa muestran patrones de tierras raras empobrecidos, así como valores de Epsilon Nd (+9 y +7) y Mg# (89) similares al manto empobrecido promedio. En comparación, tres xenolitos de lherzolita de la isla Isabel muestran un patrón de tierras raras cóncavo similar entre sí. Los valores de Mg# varían desde 88 hasta 91, pero difieren en composiciones isotópicas de Nd, con valores de Epsilon Nd de +6, +4 y -2. En este conjunto de muestras, los valores más bajos de Epsilon Nd pueden estar relacionados con una fuente más profunda o contaminación con un componente de corteza continental inferior.

GEOQP-2

PALEOPROTEROZOIC MAGMATISM AND ITS ROLE IN THE DEVELOPMENT OF DUDHI GRANITIC GNEISSES, CENTRAL INDIAN TECTONIC ZONE (CITZ), INDIA: EVIDENCE FROM GEOCHEMISTRY AND GEOCHRONOLOGY OF GRANITIC GNEISSES

Shukla Mahendra¹, Verma Sanjeet Kumar¹, Malviya Vivek P.², Oliveira Elson P.³ y Mishra Sumit⁴

¹División de Geociencias Aplicadas, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C.

²Department of Applied Geology, Dr. Harisingh Gour Vishwavidyalaya, Sagar, Madhya Pradesh, India

³Department of Geology and Natural Resources, Institute of Geosciences, University of Campinas (UNICAMP), Campinas, Brazil

⁴Instituto de Geociencias, UNAM

mahendra.shukla@ipicyt.edu.mx

The Dudhi Granitic Gneisses (part of Dudhi Gneisses Complex) of the Mahakoshal Belt (MB) is located in the northern part of the Central Indian Tectonic Zone (CITZ), India. The present study reports on the whole rock geochemistry, U-Pb geochronology combined with Sm-Nd isotope data from the Dudhi Granitic Gneisses (DGGs) to understand their crustal-mantle evolution that plays a crucial role in the early Earth's history. This study reports distinct episodes of granitic Paleoproterozoic magmatism at ~1.71-1.75 Ga. The DGGs are strongly metaluminous, display A2-type affinity, and have high Ga/Al ratio and K2O content, and low Rb content. The DGGs also exhibit enrichment in high field strength elements (HFSE) (such as Zr, Hf, Th, and U) and rare earth elements (REE) (excluding Eu) whereas depletion in large ion lithophile elements (LILE) (Sr, Ba). Similarly, the negative anomalies obtained for

elements such as Nb, Sr, Eu, P, Ti, and elemental ratios like Y/Nb, Th/Nb, La/Nb, and Ce/Pb reveal originated from crustal sources. The negative values of Epsilon Nd(t) (-5.7 to -0.4) and Nd-model ages (TDM: 2068-2420 Ma) also support the claim of their crustal origin. All these geochemical signatures suggest strong evidence of partial melting of the Archean Bundelkhand crust and are formed within plate tectonics. In addition, the Paleoproterozoic granitic magmatism of MB in the CITZ is linked to the breakup of the Columbia supercontinent, which comprised the lithosphere of the CITZ. Keywords: Dudhi granitic gneisses (DGGs), Central Indian Tectonic Zone (CITZ), Mahakoshal Belt (MB), Sm-Nd isotope, zircon U-Pb ages, A-type granite, Columbia supercontinent.

GEOQP-3

LOS GRANITOIDES ESPERANZA, COMPLEJO ACATLÁN: HISTORIA TERMOTECTÓNICA DESDE LA CRISTALIZACIÓN ORDOVÍCICA AL ENFRIAMIENTO CENOZOICO

Solari Luigi Augusto¹, Abdullin Fanis², Florez Amaya Sandra Lorena³ y Maldonado Roberto⁴

¹Instituto de Geociencias, UNAM

²Universidad Autónoma de Baja California Sur

³Servicio Geológico Colombiano

⁴Instituto de Geología, UNAM

solari@unam.mx

Los granitoides Esperanza constituyen un cinturón de rocas graníticas, en parte sometido a alta presión que se puede encontrar en el complejo Acatlán del sur de México. De manera general, estas rocas están compuestas y caracterizadas por la presencia de feldespato potásico megacrístico, una facies metamórfica de anfibolita inferior y texturas frecuentemente miloníticas que confieren un característico aspecto de augengneiss. Para completar los datos existentes y poder caracterizar su historia tectónica, se estudiaron diferentes muestras, de gneises a pegmatitas foliadas, ubicadas entre Patlanoaya, Acatlán, Tecmatlán y Mariscala de Juárez. Las edades, obtenidas a través de U-Pb en zircones, son de 464.7 ± 3.3 y 469 ± 3.5 Ma para los augengneises, y 461.6 ± 3.3 Ma para las pegmatitas. Esos resultados se interpretan como indicativos de la edad de cristalización la cual tuvo lugar durante el Ordovícico Medio. Siempre a través de U-Pb, pero en apatitos con características químicas asociables a un metamorfismo de grado medio-alto, y cuya temperatura de cierre alcanza aproximadamente los 450-550 °C, se obtuvieron edades discordantes de 346 ± 8 y 366 ± 19 Ma en los augengneises, que se interpretan como la indicación del enfriamiento durante y después del pico metamórfico en facies de eclogita que ocurrió en el Mississípico Inferior. Finalmente, se obtuvieron edades de traza de fisión en apatito, en las mismas rocas estudiadas, que varían en un rango comprendido entre 53.4 ± 3.5 a 71.8 ± 2.9 Ma, que se interpretan como una edad de enfriamiento durante el acortamiento y la exhumación ocurridos en los granitoides Esperanza en coincidencia con la evolución laramida del orógeno mexicano en la Sierra madre del Sur. Es posible que este último evento orogénico esté caracterizado por un régimen transpresivo, generando un ambiente ideal para la exhumación de rocas metamórficas que componen el basamento del complejo Acatlán.

GEOQP-4

PETROGÉNESIS DEL REGISTRO ÍGNEO Y METAMÓRFICO DEL TRIÁSICO TARDÍO - JURÁSICO TEMPRANO EN EL COMPLEJO MACIZO DE CHIAPAS, MÉXICO: UNA VENTANA A LOS PROCESOS EXTENSIVOS QUE CULMINARON EN LA RUPTURA DE PANGAEA ECUATORIAL OCCIDENTAL

Valencia Morales Yuly Tatiana¹, Weber Bodo¹, Quintana-Delgado Juan Andrés¹, Rendón-Vázquez José Daniel¹, Padilla-Ramírez Sergio¹ y Frei Dirk²

¹Departamento de Geología, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

²Department of Earth Sciences, University of the Western Cape, 7535 Bellville, Western Cape, South Africa

yutanavm@gmail.com

La comprensión del registro geológico del Triásico Tardío al Jurásico Medio en los bloques peri-Gondwánicos del oriente y sur de México es esencial para discernir los procesos tectónicos ocurridos durante el rompimiento de Pangea ecuatorial occidental. En particular, la aparente ausencia de rocas magmáticas del Triásico

Tardío y el ambiente tectónico de depósito de las rocas volcánicas y clásticas de la Provincia Nazas continúan siendo dos de las problemáticas más intrigantes de este periodo. En este trabajo se presentan las primeras evidencias en México de magmatismo, metamorfismo de alto grado y anatexis del Triásico Tardío, además de revelar la ocurrencia simultánea de plutonismo, vulcanismo y reactivación de zonas de cizalla durante el Jurásico Temprano. Las rocas de estudio se encuentran al sur del Bloque Maya, en el Complejo Macizo de Chiapas (CMC), en donde, hasta ahora, sólo se conocía el complicado registro ígneo y metamórfico del Proterozoico, Paleozoico y Mioceno. Tanto observaciones de campo como geocronología de Sm-Nd en granate (ID-TIMS) y de U-Pb en zircón (LA-ICPMS) sugieren que granitos leucocráticos con granate se emplazaron a los ~221-213 Ma a lo largo de zonas de cizalla que ponen en contacto diferentes basamentos del Precámbrico-Paleozoico del CMC. La geoquímica e isotopía de Sm-Nd (roca total) y de Lu-Hf (zircón) indican que los leucogranitos se formaron a partir de la fusión parcial y retrabajamiento del basamento pérmico de CMC. Además, el granate peritético de un neosoma asociado a un ortogneis migmatizado (con protolito pérmico) arrojó una edad de ~204 Ma, interpretada como enfriamiento después del pico metamórfico y la anatexis. Magmatismo en el Jurásico Temprano es evidenciado por edades de ~184 y 189 Ma que marcan la cristalización y el evento eruptivo de un granito rosado y de rocas volcánoclasticas, las cuales afloran a menos de 15 km de distancia, señalando niveles erosionales contrastantes en bloques adyacentes. Las características químicas e isotópicas del magmatismo del jurásico en el CMC pueden explicarse a través de fundidos juveniles derivados del manto que asimilaron corteza proterozoica. Edades U-Pb en monacitas de ~179 Ma y en bordes de zircones de ~188 Ma, obtenidas en un leucogranito y el neosoma deformados dúctilmente, datan la reactivación contemporánea de zonas de cizalla. Este registro litológico es explicado en términos del colapso gravitacional, en el Triásico Tardío, del orógeno colisional formado durante el ensamble final de Pangea occidental y su evolución a un ambiente extensivo de rift en el Jurásico Temprano, el cual culmina con el rompimiento de Pangea ecuatorial occidental.

GEOQP-5

GEOQUIMICA Y PETROGENESIS DEL SISTEMA PLUTONICO SAN FELICIANO-MEZQUITE AL SUR DE CONCEPCION DEL ORO, ZACATECAS, MEXICO: IMPLICACION DEL ORIGEN Y AMBIENTE TECTONICO

Martínez Torres Erik Emmanuel¹, Verma Sanjeet Kumar¹,
González Partida Eduardo² y Fuenlabrada José Manuel³

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

²UNAM, Instituto de Geociencias, Campus Juriquilla

³Unidad de Geocronología (CAI de Ciencias de la Tierra y Arqueometría), Universidad Complutense de Madrid
erikemmanuel.martinez@ipicyt.edu.mx

El sistema plutónico San Feliciano-Mezquite (SP-SFM) está localizado en el bloque Peñasquito-Camino Rojo, al sur de Concepción del Oro, Zacatecas, México. Geológicamente, pertenece al Cinturón de Pliegues y Cabalgaduras dentro de la Sierra Madre Oriental. Esta área es conocida por su riqueza en minerales productores de oro (Au), plata (Ag), plomo (Pb), zinc (Zn), cobre (Cu) y molibdeno (Mo) que se relacionan directamente a sistemas plutónicos. El SP-SFM está emplazado en la secuencia sedimentaria marina del Mesozoico, correlacionada con la Cuenca Mesozoica del Centro de México, y ha sido afectado por eventos hidrotermales que han alterado sus propiedades físico-químicas. El arreglo mineralógico del SP-SFM dispone fenocristales moderadamente alterados de plagioclasa (albita-andesina) y feldespato potásico (ortoclasa y microclina), con menor cantidad de cuarzo. También se observa un porcentaje moderado y variable de piroxenos (jadeita-augita) y hornblenda, junto con apatito y biotita. La presencia de minerales secundarios como calcita, sericita, cuarzo, feldespato secundario, pirita y óxidos indican grados de alteración hidrotermal. Geoquímicamente, el SP-SFM presenta una composición intermedia ($\text{SiO}_2(\text{adj}) = 52.39-66.37 \text{ wt } \%$, $\text{K}_2\text{O}(\text{adj}) = 0.33-9.43 \text{ \%WT}$, $\text{Na}_2\text{O}(\text{adj}) = 2.22-6.14 \text{ \%WT}$, $\text{CaO}(\text{adj}) = 1.03-17.12 \text{ \%WT}$), y varía desde monzonita/cuarzo-monzonita hasta diorita y sienita. Los elementos traza y tierras raras (REE) muestran un enriquecimiento en elementos incompatibles (anomalías: Cs, Ba, Pb) y en tierras raras ligeras (LREE), con un descenso hacia los elementos compatibles y tierras raras pesadas (HREE). Los patrones geoquímicos sugieren procesos de cristalización fraccionada y asimilación durante la evolución del magma, que fue emplazado en la corteza continental media-superior. Isotópicamente, los datos de Sm-Nd ($\text{Sm} = 4.62-5.6$, $\text{Nd} = 20.69-24.47$, $\text{Sm}/\text{Nd} = 0.202-0.233$, $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0.1220-0.1411$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.512760-0.512821$) indican un origen derivado de la fusión parcial de un manto empobrecido, con valores de Epsilon Nd entre 2.0 y 3.6 y edades modelo de 0.5 Ga en $t = 75 \text{ Ma}$. El modelo tectónico sugiere que el magma se generó en un ambiente de arco volcánico continental, relacionado con un magmatismo sin-tectónico en donde la deformación cortical era continua. Este evento tectónico está asociado con la subducción de la placa de Farallón bajo la placa Norteamericana, desde el Cretácico superior hasta el Paleógeno.

GEOQP-6

ORIGEN PETROGENÉTICO DE LOS DIQUES SAN MARCOS, NORTE DE BAJA CALIFORNIA

González Guzmán Reneé¹, Almanza-García Carlos Epitacio¹, Weber Bodo¹, Contreras-López Manuel², Solari Luigi² y Ortega-Obregón Carlos²

¹CICESE

²UNAM

renee@cicese.mx

Los diques San Marcos (NW-SE) varían composicionalmente desde gabro hasta granito, e intrusiona al Batolito Granítico Peninsular y a rocas metasedimentarias prebatolíticas en el norte de Baja California. Para este estudio se colectaron muestras de diques, del plutón granítico y de rocas prebatolíticas metasedimentarias en el cañon Jamatay (Ensenada, B.C.) con el objetivo de realizar un análisis petrológico clásico: petrografía, geoquímica de elementos mayores y traza, geocronología U-Pb en zircón y análisis de isótopos Rb-Sr y Sm-Nd en roca total. Del análisis petrográfico se determinó una mineralogía consistente en $\text{Pl} + \text{Afs} + \text{Bt} + \text{Hbl} + \text{Opq} \pm \text{Qz} + \text{Act} + \text{Chl} + \text{Ep} + \text{Ms}$. Geoquímicamente, los diques se presentan como una serie coherente, con afinidades calco-alcalina, metaluminosa y de granitos tipo I. Los patrones normalizados de elementos de tierras raras muestran fraccionamiento relativamente bajo en las tierras raras ligeras en relación con las pesadas. Las rocas ígneas que afloran en la zona de estudio tienen afinidad fraccionada a actividad de arcos, según se interpreta a partir de diferentes diagramas de discriminación que involucran elementos traza. Las edades de cristalización U-Pb en zircón del batolito granítico ($126.2 \pm 1.6 \text{ Ma}$) y los diques ($124.0 \pm 1.4 \text{ Ma}$) apuntan hacia un proceso de enfriamiento relativamente rápido del batolito y fracturamiento posterior, permitiendo el emplazamiento de diques los diques en el granito. Isotópicamente, los diques comprenden un intervalo composicional $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ entre $0.703082-0.708305$ ($\text{Epsilon Srt} = -18.10$ a $+56.06$), mientras que las relaciones $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ varían entre $0.512311-0.512822$ ($\text{Epsilon Ndt} = -3.12$ a $+6.85$; $\text{TDM}[\text{Nd}] = 0.54$ a 1.19 Ga). Con base en estos datos, la cristalización fraccionada representa el proceso evolutivo principal en la petrogénesis de los diques San Marcos en el cañon Jamatay, con tasas bajas de asimilación de basamento prebatolítico (5–10%). Se concluye que los diques representan pulsos magmáticos ascendentes entre plutones ya cristalizados, actuando como conductos alimentadores para otros plutones y posiblemente para vulcanismo superficial coetáneo.

GEOQP-7

EVOLUCIÓN MAGMÁTICA DE CUERPOS MIOCENOS SUB-VOLCÁNICOS MINERALIZADOS, ANDES CENTRO-OCCIDENTALES DE COLOMBIA

Arredondo Christopher, Murcia Hugo, Echeverri Sebastian, Sánchez Torres Laura y Ríos Carlos
Universidad de Caldas, Ucaldas

christopher.arredondo43567@ucaldas.edu.co

En el segmento centro-occidental de Colombia, cerca de los 5° de latitud N, afloran un conjunto de rocas sub-volcánicas y volcánoclasticas de edad Mioceno Superior que conforman la Provincia Volcánica de Combia (PVC). Estas rocas subvolcánicas han sido históricamente fundamentales para el desarrollo minero del país, ya que presentan mineralizaciones relacionadas principalmente a depósitos tipo pórfido de Au y Cu-Au, así como depósitos epitermales y mesotermales de intermedia y baja sulfuración. Estas rocas intruyen rocas sedimentarias y metamórficas del basamento. El presente trabajo muestra los resultados de análisis petrográficos, de química mineral, de química de roca total y geocronológicos U-Pb con el objetivo de establecer las condiciones de cristalización de los cuerpos sub-volcánicos y su relación con las mineralizaciones existentes. Como resultado se diferenciaron siete unidades con minerales de plagioclasa, anfíbol, cuarzo, biotita y óxidos de Fe-Ti. Específicamente, se encontraron microtexturas en plagioclasas como tamiz grueso, tamiz fino, zonaciones oscilatorias finas, synnesusis, glomerocristales, cristales rotos y microcristales. Composicionalmente la plagioclasa varía de anortita a andesina, el anfíbol corresponden principalmente a tshermakita y magnesiohanstingsita y en menor medida magnesiohornblenda, la biotita corresponde a magnesiobiotita, y los óxidos de Fe-Ti varían entre ilmenita y magnetita. Químicamente, las rocas presentan composiciones andesíticas y dacíticas, con rangos de SiO_2 entre 57 y 65 wt. %, con correlaciones positivas de Al_2O_3 , Na_2O , K_2O y negativas de TiO_2 , MgO , CaO , P_2O_5 y FeO vs SiO_2 . Los elementos traza muestran correlaciones positivas de Ba, Sr y negativas de Ce, Cr, La, Rb, Y y Zr vs SiO_2 . Diagramas multielementales evidencian enriquecimiento en elementos de radio iónico grande (LILE). Por su parte, las tierras raras (REE) evidencian REE livianas enriquecidas, con un comportamiento plano para las rocas más ácidas y cóncavo para las rocas más básicas. Los análisis geocronológicos U-Pb en zircón evidencian rango de edades de cristalización entre 6.9 y $6.3 \pm 0.1 \text{ Ma}$ (2 sigma). En conclusión, y con base en las evidencias microtexturales, se proponen dos zonas de estancamiento del magma previo a la zona de emplazamiento. En el primer estancamiento se generaron los cristales de plagioclasa de la unidad más antigua y los cristales de anfíbol, mientras que en el segundo se generaron los cristales de plagioclasa, biotita y óxidos de Fe-Ti de las demás unidades. La heterogeneidad entre magmas permite proponer que a los $6.3 \pm 0.1 \text{ Ma}$ la evolución de los magmas preexistentes aportaron elementos metálicos permitiendo generar concentraciones importantes en cuerpos ígneos subvolcánicos de la región. Las edades U-Pb y las características químicas de las rocas estudiadas confirman la relación temporal con el magmatismo de carácter calcoalcalino de la PVC.

GEOQP-8

MINERALOGÍA Y GEOQUÍMICA DEL SKARN "LA MEXICANA", DISTRITO MINERO CONCEPCIÓN DEL ORO, ZACATECAS

Arizpe Ruiz Gabriela Guadalupe¹, Velasco Tapia Fernando¹, Rodríguez Díaz Augusto Antonio²,
Ramírez Fernández Juan Alonso¹, Navarro Sánchez Urenia³ y Solís de la Cruz Oscar¹

¹Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Aura Minerals Inc.

gabyruizarizpe@hotmail.com

El Distrito Minero de Concepción del Oro se ubica en el límite del Sector Transversal de Parras de la Sierra Madre Oriental y la Mesa Central. El evento orogénico que inició a finales del Cretácico afectó a las unidades sedimentarias del Mesozoico, que fueron cubiertas posteriormente por conglomerados polimícticos y material aluvial durante el Paleógeno-Neógeno. El evento orogénico formó anticlinales en cuyos núcleos se emplazaron plutones granodioríticos y cuarzo-monzodioríticos del Eoceno. La geocronología U-Pb en circones sugiere edades de emplazamiento entre 45 y 40 Ma para este magmatismo. La interacción de los magmas con las rocas sedimentarias encajonantes dio lugar a la formación de depósitos de skarn de Cu-Fe, como el yacimiento La Mexicana, actualmente en explotación por la empresa Aura Minerals Inc. El sistema mineralizado de skarn incluye: (1) una etapa progradada con la formación de corneanas (granate [andradita > grosularia] + clinopiroxeno [diópsida] + biotita + plagioclasa + calcita) y (2) una etapa retrogradada conformada por (2a) el desarrollo de una mena metálica de calcopirita (CuFeS₂), principalmente, y bornita (Cu₅FeS₄), asociada con pirita (FeS₂), pirrotita (Fe_{1-x}S; x < 0.15), magnetita (Fe₃O₄), hematita (Fe₂O₃) y malaquita (Cu₂CO₃(OH)₂) y (2b) una asociación de alteración con cuarzo, turmalina, muscovita, flogopita rica en Fe, epidota, clorita, calcita y esmectita (montmorillonita, nontronita y saponita). Se propone un modelo paragenético para el yacimiento La Mexicana, basado en información mineralógica-geoquímica de las unidades que constituyen el skarn.

GEOQP-9

CONTEXTO TECTÓNICO DE LOS CAMPOS VOLCÁNICOS NEOGENICOS EN LA REGIÓN NORTE DE ZACATECAS

Cano González Katty Grisel¹, Ramírez Peña César Francisco¹,
Aranda Gómez José Jorge² y Chávez Cabello Gabriel¹

¹Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

²Instituto de Geociencias, UNAM

katty.canog@outlook.com

En la zona norte del estado de Zacatecas ocurren, sobre las trazas de lineamientos regionales, un conjunto de complejos volcánicos con composiciones básicas e intermedias, constituidos por basanitas, traquiandesitas basálticas y andesitas. Las rocas volcánicas son de textura traquítica a intersertal, y contienen fenocristales de olivino, clinopiroxeno, ortopiroxeno y plagioclasas, con formas euhedrales a subhedrales, así como cristales accidentales de anfíbol. Los datos geoquímicos de las rocas volcánicas muestran patrones de elementos de tierras raras (REE) con un comportamiento paralelo entre sí, con una forma casi plana de pendiente poco pronunciada. En diagramas de multielementos normalizados al manto primitivo, las rocas andesíticas destacan por anomalías negativas en Nb, Ta, P y Ti. Las características geoquímicas de las rocas volcánicas, según los diagramas de discriminación, sugieren una afinidad con un ambiente extensional. Los diagramas petrogenéticos (Nb/Yb - Th/Yb y Nb - Nb/U) indican que las rocas basálticas se asemejan a magmas tipo OIB, sin embargo, las rocas andesíticas exhiben un arreglo muy cercano al campo de corteza continental. Los valores de #Mg, indican que las lavas son primarias y muy poco diferenciadas. Lo anterior indica que el vulcanismo andesítico y basáltico se generaron como producto de la fusión parcial de un manto fértil, en condiciones de extensión tectónica durante el desarrollo de la Provincia Extensional Basin and Ranges en la zona de estudio. PAPIITIG101523

GEOQP-10

ESTUDIO GEOQUÍMICO Y MINERALÓGICO DE LA IGNIMBRITA PIEDRAS ENCIMADAS (PEI): IMPLICACIONES PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA GEOTÉRMICO DEL COMPLEJO CALDERA DE ACOCULCO, PUEBLA, MÉXICO

Bojseaneau López Mario Emmanuel, Sosa Ceballos Giovanni y Macías José Luis
Instituto de Geofísica, UNAM
cswasa@gmail.com

La actividad silícica del Complejo Caldera de Acoculco (ACC), situado en la Faja Volcánica Trans Mexicana (FVTM), comenzó en el Pleistoceno hace aproximadamente 2.6 millones de años, y se extendió hasta el final de la actividad post-caldérica hace alrededor de 16 mil años. Durante este período de actividad volcánica, se produjeron lavas y piroclastos con composiciones que varían de andesitas a riolitas. Entre las erupciones riolíticas destacadas en el ACC se encuentra la ignimbrita Piedras Encimadas (PEI), que es significativa debido a su alta abundancia de cristales, su amplia distribución y la escasez de fragmentos de pómez y líticos en sus depósitos. Los depósitos de la PEI están compuestos casi en su totalidad por cristales de feldespatos y polimorfos de sílice, con tamaños que

varían desde menos de 5 micrómetros hasta centímetros, y en menor cantidad, plagioclasas y óxidos de hierro y titanio con texturas de exsolución. Aunque la mayoría de las rocas del ACC presentan una afinidad calco-alcalina, los análisis de elementos mayores y traza de la PEI y otras riolitas, como la Ignimbrita Tecoloquillo (TEQ), muestran una composición per-alcalina. Este trabajo muestra los resultados del estudio de la PEI en los cuales se emplearon técnicas como difracción de rayos X (DRX), espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), espectroscopia Raman y microsonda electrónica (EPMA), análisis químicos de elementos mayores y trazas para investigar el origen de los magmas que generaron a la PEI y las causas de su alta cristalinidad. Los resultados indican que la elevada concentración de cristales en la PEI es el resultado de una cristalización magmática seguida de una alteración hidrotermal. Se estima que la cristalización magmática produjo más del 60% del contenido cristalino, mientras que la alteración hidrotermal contribuyó con menos del 40%. La alteración hidrotermal facilitó procesos de desvitrificación que transformaron la matriz vítrea de la PEI en cristales de tridimita y cristobalita. Los resultados de esta investigación sugieren que la PEI podría estar asociada a un "crystal mush" o a un reservorio magmático antiguo y cristalizado que se formó tras el primer colapso del ACC. Este estudio plantea que el transporte de los magmas ultra cristalinos de la PEI se debe a la disminución de densidad ocasionada por la recarga de magmas máficos calientes (como los basaltos-traquibasaltos del Campo Volcánico Aapán-Tezontepec, ATVF) y a los episodios dramáticos de extensión en la región del ACC. En consecuencia, se propone que tanto el interior como el exterior del ACC existen "crystal mushes" alimentados por magmas del tipo ATVF, que generaron una diversidad geoquímica, diversos episodios de alteración hidrotermal en la región, son responsables de las manifestaciones hidrotermales superficiales y representan las fuentes de calor actuales del sistema geotérmico identificado en la región.

GEOQP-11

PETROLOGÍA DE LOS PRODUCTOS VOLCÁNICOS DEL VOLCÁN LA MALINCHE, MÉXICO: RELACIÓN ENTRE LA ACTIVIDAD EFUSIVA Y EXPLOSIVA

Gómez Arango Johana Andrea¹, Sosa Ceballos
Giovanni² y Bojseaneau López Mario Emmanuel²

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Instituto de Geofísica, UNAM

johanagomezarango@comunidad.unam.mx

El volcán La Malinche, ubicado en la región central de la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM) se distingue por su actividad eruptiva explosiva durante el Pleistoceno-Holoceno. Aunque La Malinche tradicionalmente se ha caracterizado por largos períodos de reposo interrumpidos por actividad explosiva Pliniana, la actividad efusiva es relevante durante la formación de su estructura principal y en sus diversas etapas de vulcanismo. Esto se refleja en la formación de domos de lava en la cima, en los flancos y en la intensa actividad de flujos piroclásticos de bloques y ceniza, derivados principalmente por el colapso de estos domos. Este estudio examina la crono-estratigrafía del volcán considerando sus productos efusivos y explosivos. Los resultados de este trabajo muestran que los domos de lava y depósitos piroclásticos se formaron en diferentes etapas, como reflejo de los procesos magmáticos y evolución del sistema alimentador ("plumbing system") por debajo de La Malinche. Además, con base en técnicas de datación radiométrica de Ar-Ar, se ha podido afinar la cronología de dichos eventos. Con base en análisis petrográficos, geoquímicos y mineralógicos se ha podido identificar la presencia de un cúmulo de cristales ("crystal mush") influenciando los productos volcánicos de La Malinche. Esto sugiere que, las erupciones explosivas, son producto de la movilización de magmas parcialmente cristalizados y viscosos. Por otro lado, los eventos efusivos representan magmas remanentes de las erupciones explosivas, con menor contenido volátiles y más cristalizados, que ascendieron lentamente tras la descompresión del sistema magmático generado por los eventos explosivos. Finalmente, se presenta un modelo petrogenético integrando observaciones geológicas, geoquímicas y termodinámicas, donde se sugiere que el magma parental de La Malinche se origina en el manto y asciende a través de la corteza, evolucionando a través de múltiples etapas de almacenamiento en su ascenso a la superficie. De tal forma que, los procesos de almacenamiento cortical son clave para entender la alternancia entre erupciones efusivas y explosivas en la Malinche.

GEOQP-12

AVANCES DE NUEVOS DIAGRAMAS MULTIDIMENSIONALES DE CLASIFICACIÓN PARA ROCAS ALTERADAS

Verma Sanjeet Kumar
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
sanjeet.verma@ipicyt.edu.mx

Se propone un nuevo esquema de diagramas de clasificación acorde con la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS) para la clasificación de rocas ígneas: ultrabásicas, básicas, intermedias y ácidas. El procedimiento se basa en la transformación log-ratio isométrica (IIR) que proporciona una tasa general de clasificación con certeza del 88.7%, 75.8%, 88.0% y 80.9% para rocas ultrabásicas, básicas, intermedias y ácidas respectivamente, utilizando la composición de los elementos mayores de una extensa base de datos con un total de 33,868 muestras

de rocas relativamente frescas. Este esquema de clasificación se probó con datos de rocas ígneas relativamente frescas del Neógeno, además de rocas desde el Arcaico hasta el Mesozoico. Finalmente, demuestro que los nuevos diagramas son más robustos frente a los efectos postmagmáticos, metasomáticos y al cambio de composición en comparación con los procedimientos convencionales de la IUGS.

GEOQP-13

EVALUACIÓN DE LA CINÉTICA DE LIBERACIÓN DE F- Y AS(V) DE FRAGMENTOS MINERALES QUE CONTIENEN FLUORITA Y PIRITA ARSENICAL Y SU POSIBLE CONTAMINACIÓN A CUERPOS DE AGUA SUPERFICIALES

Chávez Olivares Bianca Jazmín¹, Cruz Jiménez Marcos Benjamín¹ y Briones Gallardo Roberto²

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí

²Instituto de Metalurgia, UASLP

jazminchavezolivares@gmail.com

Actualmente se reconoce que la presencia de arsénico (As) y fluoruro (F-) en agua de consumo humano representan un mayor riesgo para la salud pública (Smedley y Kinniburgh, 2002). Su presencia puede ser de origen geogénico, antropogénico o una combinación de estos. En México, se han reportado concentraciones de As y F-, en agua superficial y subterránea, que rebasan los límites máximos permitidos (LMP) para agua de uso y consumo humano según lo establecido en la NOM-127-SSA1-2021 (Secretaría de Salud, 2021). La presencia geogénica de estos elementos ha atribuido a la disolución de minerales ricos en F- y As (Alarcón-Herrera, 2022, Galicia-Chacón et al, 2011). Algunos efectos de la exposición de As en la salud son afectaciones neurológicas, diabetes y cáncer (Landín Rodríguez, 2008). Por otro lado, la exposición humana al F- provoca fluorosis esquelética y afectaciones neurológicas (Ortiz-Pérez et al, 2003). Tomando en cuenta lo anterior, en el presente trabajo se evaluó la liberación de fluoruro (F-) y arsénico(V) de muestras de fragmentos minerales con alto contenido de fluorita que contiene pirita arsenical. Estos fragmentos se encuentran dispersos sobre el cauce de un arroyo intermitente, su presencia es consecuencia de un mal manejo y disposición de terreros y residuos de una antigua zona de exploración y explotación de fluorita, actualmente abandonada. Las muestras recolectadas se trituraron y tamizaron a diferentes tamaños de partícula. Se realizó una caracterización química y mineralógica de las muestras sólidas utilizando las técnicas de fluorescencia de rayos X (FRX), difracción de rayos X (DRX) y microscopía electrónica de barrido (MEB). Se realizaron pruebas de lixiviación poniendo en contacto partículas minerales (menores a 250 µm) con agua desionizada en diferentes periodos de tiempo. El lixiviado resultante fue utilizado para análisis en solución de [F-] y As(V). La determinación de [F-] se realizó con un electrodo de ion selectivo marca Oakton Thermo Scientific y la [As(V)] se realizó con un método espectrofotométrico utilizando un espectrofotómetro UV-Vis (Genesys 10S, Thermo Scientific, a una longitud de onda de 880 nm). Los resultados de la cinética de liberación de arsénico y fluoruro muestran que la liberación ocurre durante los primeros minutos de contacto. Se evidenció que la liberación de arsénico continúa de manera progresiva y constante, mientras que en la liberación [F-] se ve limitada por reacciones de pasivación de la superficie reactiva.

GEOQP-14

ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD EN LA MADUREZ TÉRMICA DE LA FORMACIÓN LA PEÑA EN LA CUENCA DE SABINAS: INTEGRACIÓN DE PIROLISIS ROCK-EVAL, REFLECTANCIA DE VITRINITA Y ESPECTROMETRÍA ATR-IR

Ortiz Treviño Jordan¹, Chávez Cabello Gabriel¹, Camacho Ortégón Luis Fernando², Enciso Cárdenas Juan Josué² y Aguilar Madera Carlos Gilberto¹

¹Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

²Centro de Investigación en Geociencias Aplicadas, Universidad Autónoma de Coahuila
jordan.ortizt@uanl.edu.mx

En este trabajo se analizan los resultados de Pirólisis Rock-Eval, Petrografía Orgánica y Espectrometría Infrarrojo en muestras de recortes de perforación de la Formación La Peña, ubicadas en la cuenca de Sabinas, al NE del estado de Coahuila. Dicha información se integró para evaluar la madurez térmica utilizando modelos empíricos para estimar la reflectancia de la vitrinita a partir del valor de Tmax (%VRc). Los valores de Tmax van desde 312 a 508°C, y los valores correspondientes a %VRc variaron desde 0.38 a 1.87%. En conjunto, estos datos indican variación en la maduración de la materia orgánica, ubicando a las muestras en etapas inmaduras, maduración temprana y sobremadurez. Se destaca que una de las muestras presenta sobremadurez a una profundidad somera en relación a las demás, catalogándola como una anomalía térmica. La baja intensidad en la absorbancia de los grupos funcionales de aromáticos y alifáticos dada por la Espectrometría ATR-IR confirma la sobremadurez de dicha muestra; misma que se ubica dentro de la zona de deformación de la falla La Babia, cerca del Campo Volcánico Lavas Las Esperanzas (CVLE), así como también cerca de una zona mineralizada de yacimientos tipo MVT. Estos factores contribuyen a considerar que dentro de la cuenca de Sabinas la maduración de la materia orgánica no se originó únicamente por el soterramiento de los sedimentos, sino que existen diversos eventos tectónicos y mineralizantes que modificaron las condiciones para la generación de hidrocarburos. Palabras clave: Formación La Peña, madurez térmica,

Temperatura Máxima (Tmax), Reflectancia de Vitrinita calculada (%VRc), anomalía térmica.

GEOQP-15 CARTEL

ANÁLISIS GEOQUÍMICO E ISOTÓPICO DE HF EN ROCAS DEL TRIÁSICO Y JURÁSICO DEL COMPLEJO SONOBARI DE LA REGIÓN EL FUERTE, SINALOA

Álvarez Zamudio Laura Anaid¹, Torres-Carrillo Xochitl Guadalupe¹, Contreras-López Manuel², Delgado Argote Luis Alberto³, Weber Bodo⁴, Estrada-Carmona Juliana⁴ y González-Guzmán Reneé³

¹Universidad Autónoma de Sinaloa

²LUGIS, Instituto de Geofísica, UNAM

³Departamento de Geología, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

⁴Centro de Geociencias, UNAM

lauraalvarez.facite@uas.edu.mx

El Complejo Sonobari, ubicado en el noroeste de México (norte de Sinaloa y sur de Sonora), es un bloque ígneo y sedimentario metamorfozado que consiste en rocas del Ordovícico al Cretácico Tardío, y cuya petrogénesis e historia magmática son poco conocidas. Este Complejo está compuesto por rocas metasedimentarias con procedencia norteamericana y sudamericana, por lo cual, desempeñó un papel importante en la interacción entre Laurencia y Gondwana durante la consolidación de Pangea. En algunos trabajos se ha propuesto como basamento del Terreno Guerrero, sin embargo, su relación con los terrenos jurásicos de Alisitos y Vizcaíno aún se desconoce. En este trabajo se realizaron estudios geoquímicos y sistemática isotópica en roca total de hafnio en 19 muestras recolectadas en campo con la finalidad de inferir la fuente de los magmas que dieron origen a las rocas triásicas y jurásicas del Complejo Sonobari, así como comparar con rocas contemporáneas de los terrenos Alisitos y Vizcaíno. Del conjunto de muestras analizadas, una corresponde a un ortogneis del Triásico Temprano, cinco son ortogneises del Triásico Tardío y cinco son ortogneises del Jurásico Tardío; además, son tres muestras del basamento, presuntamente Ordovícico. Geoquímicamente, de las 19 muestras del Complejo Sonobari son rocas cordilleranas, principalmente peraluminosas y con una tendencia de cristalización fraccionada según los diagramas de discriminación tectónica. De acuerdo con el diagrama de clasificación tectónica Y vs. Nb, los ortogneises triásicos y jurásicos que corresponden con granitos de arco volcánico. Las rocas estudiadas presentan patrones en forma de zig-zag en un diagrama de multielementos normalizado a NMORB, lo que sugiere un origen relacionado con subducción. La mayoría de las rocas triásicas y jurásicas muestran patrones de elementos de tierras raras ligeramente fraccionados con anomalías positivas en Eu, lo que sugiere una cristalización o diferenciación bajo la influencia de la plagioclasa. En cuanto a los resultados isotópicos, un ortogneis del Triásico Temprano tiene una composición isotópica inicial de Hf, expresada por el parámetro epsilon Hf inicial (Epsilon Hfi) de -1.4. Seis ortogneises del Triásico Tardío arrojaron valores de Epsilon Hfi entre +1.8 y +6.5 (promedio = +3.3), mientras que seis ortogneises del Jurásico Tardío presentaron valores de Epsilon Hfi entre +0.2 y +9.9 (promedio = +3.8). Adicionalmente, un gabro y un granito del Jurásico Tardío arrojaron valores de +4.0 y -0.5, respectivamente. Tres muestras son de esquistos del basamento del ordovícico; dos de ellas tienen las composiciones isotópicas de Hf más evolucionadas (Epsilon Hfi de -16.1 y -10.9). Las composiciones isotópicas de Hf, sugieren la participación de magmas juveniles en la formación de las rocas magmáticas (ígneas y ortogneises), así como la participación de un componente de corteza continental, lo cual asociamos a un ambiente de arco continental desde el Triásico Temprano hasta el Jurásico Tardío, probablemente la continuidad del arco Cordillerano del Triásico-Jurásico del Sur de California.

GEOQP-16 CARTEL

MODELACIÓN GEOQUÍMICA DEL PROCESO DE FUSIÓN PARCIAL DEL MANTO MEDIANTE EXPLORACIÓN HEURÍSTICA: UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN APLICADO A LAS CIENCIAS DE LA TIERRA

Soto-Villalobos Roberto¹, Méndez-Delgado Sóstenes¹, Benavides-Bravo Francisco Gerardo², Aguirre-López Mario Alberto³, Almaguer F-Javier⁴, Velasco-Tapia Fernando¹, Chacón-Baca Elizabeth¹, Walle-García Otoniel⁴ y Bautista-Sánchez Perla Cecilia¹

¹Universidad Autónoma de Nuevo León

²Instituto Tecnológico de Nuevo León, Tecnológico Nacional de México

³Facultad de Ciencias en Física y Matemáticas, Universidad Autónoma de Chiapas

⁴Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, UANL

robsotov@gmail.com

Se desarrolló una metodología heurística de tipo estrategia evolutiva para optimizar el modelado inverso del proceso de fusión parcial del manto. Se construyó una función objetivo o de aptitud a partir de la ecuación de fusión por lotes para modelar la composición de la fuente y el grado de fusión parcial a partir de la química de los líquidos primarios. En la estructura del algoritmo de búsqueda se consideraron: (a) las restricciones del sistema geoquímico, (b) un paso de inicialización, y (c) un procedimiento de mutación y selección heurística individual. La simulación heurística se aplicó con éxito en cuatro casos de estudio, como composición mineralógica y de elementos de tierras raras (REE) de fuentes peridotíticas conocidas. Las condiciones de fusión parcial se reprodujeron con una desviación 10⁻⁶ en un tiempo razonablemente práctico 7.2 segundos por solución utilizando una computadora de escritorio.

GEOQP-17 CARTEL

ANÁLISIS PETROLÓGICO DEL BATOLITO SAN JULIÁN DEL CRETÁCICO INFERIOR Y SU RELEVANCIA EN LA EVOLUCIÓN DEL SUR DEL CINTURÓN BATOLÍTICO PENINSULAR, BAJA CALIFORNIA

Ávila Ortiz Nina Adhara Elena y Delgado Argote Luis Alberto

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

avilaortiz@cicese.edu.mx

El Cinturón Batolítico Peninsular (CBP) es una cadena de plutones del Cretácico cuyas edades varían entre 130 y 80 Ma. Son más antiguos en el W y afloran de manera continua a lo largo de casi 800 km, desde Riverside, California, hasta la sierra El Arco (28°N), Baja California. La señal aeromagnética, principalmente de los plutones occidentales, sugiere que el CBP se extiende hasta el extremo sur de la península. Este segmento cordillerano se ha reconocido como uno de los mejores ejemplos en el mundo de sistemas magmáticos de subducción expuestos. El CBP presenta una zonación axial paralela a la península, evidenciada por diferencias petrogenéticas y geofísicas, que reflejan cambios en la composición cortical, lo que permite definir dos zonas distintas: la occidental está asociada a un arco de islas, y la zona oriental, es afín a un arco continental. El número de segmentos del arco del occidente, su nivel de exposición, así como su historia de acreción contra la margen del continente permanecen aún controversiales, por lo que es importante estimular y fortalecer la investigación sistemática de los plutones en las zonas de colisión. En este sentido, este trabajo se enfoca en resolver la historia de emplazamiento del batolito San Julián del Cretácico Inferior, ubicado en el borde oriental del segmento de arco Alisitos, al sur de la latitud 29°N. Este batolito se caracteriza por un alto magnético que se extiende por más de 1,000 km², embebido dentro del mar de bajos magnéticos característicos de la zona oriental del CBP. Además, este cuerpo batolítico aflora en la zona de contacto hipotética entre dos cinturones litoestratigráficos distintos: Alisitos del Cretácico medio al oeste y la secuencia Jurásico-Cretácico Inferior Nuevo Rosarito- El Arco (JKiNA) al este. Por su ubicación geográfica y rasgos geológicos y magnéticos, el batolito San Julián es un punto clave de interés para establecer la evolución y reconstruir historia geológica de la parte sur del CBP. El batolito de San Julián tiene edades U-Pb de circón de ca. 132 a 138 Ma (este estudio) y exhibe una variedad de composiciones desde rocas gabróicas hasta graníticas, siendo dominantes las máficas. Las firmas geoquímicas, así como lo sugiere la señal magnética del batolito de San Julián (>400 nT), exhiben características que se asemejan a los plutones máficos de la zona occidental del CBP (< 130 Ma). Proponemos que este batolito y la roca que lo encajona (JKiNA) forma parte del segmento más primitivo del arco Alisitos, es decir, representa su "basamento" (JKiA).

GEOQP-18 CARTEL

PETROGRAFÍA Y GEOQUÍMICA DE ROCAS CUARZO SIENÍTICAS DE SIERRA LA CANDELARIA, NORTE DE CHIHUAHUA, MÉXICO

Izaguirre Pompa Aldo, Rendón García Valeria, Hernández Ramírez Montserrat, Alvarado Soto Sergio y Domínguez Acosta Miguel

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

aldo.isaguirre@uacj.mx

Sierra La Candelaria se ubica en el norte de Chihuahua sobre la carretera Federal 45 entre Villa Ahumada y Ciudad Juárez. A lo largo de esta sierra aflora un cuerpo intrusivo plutónico homogéneo que corta secuencias de rocas sedimentarias detríticas y carbonatadas asignadas a rocas de la Sierra Madre Oriental (cretácico). La relación cortante entre este intrusivo y las rocas sedimentarias es posible verse en el campo como una aureola de metamorfismo que se caracteriza por presentar mármoles, corneanas y hasta skarn. Este estudio se enfocó en hacer una caracterización petrográfica y geoquímica de estas rocas intrusivas plutónicas. Como resultado del estudio de conteo de puntos bajo microscopía polarizada se encontró que consisten en rocas cuarzo sieníticas de biotita y anfíbol. Así mismo, se encontraron múltiples texturas complejas propias de este tipo de rocas intrusivas graníticas como son los bordes peritéticos. La geoquímica de elementos mayores, pérdida por calcinación y elementos traza respaldan el estudio petrográfico en su clasificación y además se ha podido determinar que estas rocas presentan afinidad de rocas tipo alcalino de intraplaca. De la misma forma, con la geoquímica se puede sugerir que estas rocas son de un ambiente tectónico anorogénico. En conclusión, estas rocas formarían parte de la provincia geoquímica alcalina del cinturón Transpecos y/o provincia alcalina mexicana.

GEOQP-19 CARTEL

TIMING AND GEOLOGIC SETTING OF ESPINAZO-EL SALTO IGIMBRITE SUCCESSION, CENTRAL SIERRA MADRE OCCIDENTAL

Orozco Esquivel Teresa¹, Ferrari Luca¹, Hernández Quevedo Gabriela¹ y Duque Trujillo José²¹Laboratorio Interinstitucional de Geocronología de Argón, UNAM²Universidad EAFIT, Medellín, Colombia

torozco@geociencias.unam.mx

Until 20 years ago the geologic knowledge about the central and southern Sierra Madre Occidental was mostly based on the pioneer studies of McDowell and Keizer (1977) along the Durango – Mazatlán highway. These authors defined as the Espinazo-El Salto Volcanic Sequence (EESVS) a succession of flat-lying ignimbrite exposed in the highest part of the transect. They recognized five units with K-Ar ages indistinguishable within analytical error clustering at 23.5 Ma. Samples from uppermost units were later dated by McDowell and McIntosh (2012) at 23.88 to 24.00 Ma by the Ar-Ar method. The study of the McDowell group was limited to the area surrounding the highway and did not reached the base of the succession. Our mapping along the new Durango – Mazatlán toll highway and several dirty roads descending to the north and to the south into the valleys of the Presidio and Baluarte rivers, respectively, shows that the EESVS is up to 900 m thick to the west of the 150-km-long, NNW-SSE trending Tayoltita-Pueblo Nuevo extensional fault system (TPNFS). Here the ignimbrites filled pre-existing valleys and lie in angular unconformity on tilted blocks of the ~31-29 Ma Durango ignimbrite succession or cover a poorly sorted conglomerate with a dominant detrital zircon population in the ~32–25 Ma range. By contrast, to the east of this fault system, the EESVS does not exceed 250 m in thickness and the Durango ignimbrite sequence is almost horizontal. These geologic observations imply that the eruption of the EESVS took place after a period of ENE-WSW extension that activated the TPNFS. Ignimbrites with ages comparable with the EESVS are found in a NNW-SSE elongated, 145 x 70 km wide area covering a minimum of ~7,500 km² in the westernmost part of Durango, central Sinaloa and northern Nayarit. No obvious caldera is found in this region, but the elongated distribution of the EESVS around the TPNFS suggests that it was fed by a series of fissure eruptions. To obtain a more precise timing of the EESVS emplacement we have dated its base and top by Ar-Ar dating of single feldspar crystals. For each sample, ten to twenty-five total fusion analyses were obtained, and only those data above the limit of quantification were used for the age calculations. The upper part of the EESVS yielded tightly clustered individual ages with peaks between 23.78 and 23.88 Ma, consistent with the Ar-Ar ages of McDowell and McIntosh (2012). Samples from the basal unit, however, display a wide dispersion of ages ranging from ~27 to ~23 Ma, with peaks at 25.8 and 26.8 Ma. Given that the whole succession is stratigraphically continuous (no angular unconformity or paleosols are observed between ignimbrites) we consider these ages biased by pre-existing crystals of slightly older shallow intrusions that were mixed with juvenile ones during the first massive eruption that opened the path to the surface along the TPNFS.

GEOQP-20 CARTEL

CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA Y MINERALÓGICA DE LAS ROSAS DEL DESIERTO CHIHUAHUENSE

Hernández Ramírez Montserrat, Torres Argüelles Vianey y Izaguirre Pompa Aldo

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

al251250@alumnos.uacj.mx

En el desierto Chihuahuense existen componentes geológicos, geomorfológicos, y minerales particulares que definen la zona; entre los que destacan especialmente la formación de rosas del desierto. Las rosas del desierto pertenecen a la clasificación de rocas y minerales evaporíticos, formadas a partir de la precipitación de sulfatos en zonas de baja precipitación y alta evaporación. Para su formación, las rosas del desierto requieren de condiciones muy específicas del entorno, razón por la cual, aunque están ampliamente distribuidas a nivel mundial, su ocurrencia es mínima en comparación con otras manifestaciones evaporíticas. Aunque las rosas del desierto Chihuahuense son conocidas dentro de la comunidad, no han sido caracterizadas adecuadamente, por lo que se desconoce su composición química, edad, mineralogía, delimitación y relaciones con el entorno. De ahí la necesidad de obtener su caracterización y así determinar la importancia de estas especies minerales dentro de sus ecosistemas, con el fin de establecer una línea base de conocimiento que ayude, tanto, a implementar prácticas y políticas sostenibles respecto a su explotación/conservación, como a fomentar la investigación entorno a los minerales desérticos en diversos contextos. Este estudio presenta la caracterización geoquímica de las rosas del desierto Chihuahuense, por las técnicas convencionales de caracterización: difracción de rayos X, fluorescencia de rayos X y microscopía.

GEOQP-21 CARTEL

MINERALOGÍA Y GEOQUÍMICA DEL SKARN “LAS PALMAS” EN LA REGIÓN NORTE DE CHIHUAHUASilva Parga Carlos Alberto¹, Rodríguez Contreras Perla¹ y Jiménez López Luis Ángel²¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez²Instituto Politécnico Nacional, IPN

carlosilva213@hotmail.com

La Sierra Ranchería situada en el municipio de Ahumada en el estado de Chihuahua, México. Se encuentra dentro de la provincia fisiográfica de cuencas y sierras. De acuerdo con el Servicio Geológico Mexicano la geología de la sierra se caracteriza por un cuerpo intrusivo principal de composición granítica (Eoceno) que afecta unidades del grupo Aurora (caliza y lutita) del Cretácico inferior, dando origen a zonas de hornfels y skarn. Esta región es reconocida por ser parte de la provincia metalogénica de Ag, Pb y Zn en México. Este estudio se basó en análisis petrográfico y geoquímico. Estos análisis se complementaron con técnicas de teledetección, tales como el análisis de álgebra de bandas y cocientes de bandas. Mediante esta metodología, se lograron identificar contactos litológicos y zonas de alteración hidrotermal, permitiendo una caracterización más detallada de la unidad de skarn la cual consisten en una asociación mineral de grosularia, sulfuros diseminados (Py-Gal) y piroxenos. Además, se delimitaron áreas de interés geoquímico, que podrían indicar la presencia de procesos de mineralización con el fin de orientar de manera mas precisa una futura exploración geológica.

Sesión regular

MODELACIÓN DE SISTEMAS GEOFÍSICOS

Organizadores

Vlad Manea
Víctor de la Luz

MSG-1

FORMULACIÓN DE INVERSIÓN CONJUNTA 4D DE DATOS ELÉCTRICOS E HIDRÁULICOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LA PERMEABILIDAD HIDRÁULICA EN UN ACUÍFERO LIBRE

Salas Ariza Jessica Jazmin y Gallardo Luis A.

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

jsalas@cicese.edu.mx

Actualmente, el modelado acoplado de datos geoeléctricos y de piezómetros busca determinar la permeabilidad, aprovechando la similitud entre los procesos físicos detrás de los flujos eléctricos e hidráulicos. Sorprendentemente, la mayoría de estos desarrollos no contemplan el caso de medios variablemente saturados ni los procesos de saturación y desaturación a lo largo del tiempo. Nuestra hipótesis es que las variaciones espacio-temporales naturales del contenido de agua influyen tanto en los datos eléctricos como en los hidráulicos en medios parcialmente saturados especialmente en la interfase saturada-no saturada. En este trabajo proponemos utilizar las zonas donde ocurren los cambios en el nivel de saturación para unificar y enfocar la sensibilidad de ambos tipos de datos a la permeabilidad hidráulica. Con esta premisa, desarrollamos un marco teórico para el modelado integrado de datos hidráulicos y eléctricos acoplados por una función de saturación que depende del campo de presión hidráulica. Aplicamos este marco en tres escenarios sintéticos en un medio variablemente saturado. Los resultados muestran que, gracias a la presencia de los datos geoeléctricos, los datos hidráulicos aumentan significativamente su capacidad de determinar la permeabilidad hidráulica del suelo, sobre todo si se realizan mediciones en diferentes episodios de tiempo.

MSG-2

ALGORITMOS DE ACOPLAMIENTO PRESIÓN-VELOCIDAD PARA LA MODELACIÓN DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN 2D DE UN YACIMIENTO GEOTÉRMICO

Magaña Torres Elizabeth y Gómez Arias Efraín

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

felizmagato@gmail.com

La modelación numérica de los campos geotérmicos requiere de múltiples herramientas computacionales y matemáticas para facilitar el entendimiento de su dinámica compleja. Los modelos numéricos permiten simular la interacción de los distintos procesos dinámicos como es la convección del fluido (campo de velocidades), los campos de presión y temperatura y el transporte de solutos (el balance de masa y energía). En este trabajo se pretende resolver los campos de velocidad y presión involucradas en las ecuaciones de continuidad, momento y conservación de energía (temperatura) en 2D de un yacimiento geotérmico mediante el método de volumen finito (MVF) o método de volúmenes de control (MVC). La modelación numérica se generará con códigos escritos en lenguaje Fortran acoplados al desarrollo de nuevas subrutinas en lenguaje Python para la generación de gráficos para visualizar los campos modelados de velocidades y temperaturas de un yacimiento en 2D.

MSG-3

COMPARATIVA DE LOS MODELOS PSS Y USS PARA LA FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA MATRIZ-FRACTURA EN LA SIMULACIÓN DEL FLUJO DE FLUIDOS MONOFÁSICO EN YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES

Teja Juárez Víctor Leonardo y López Torres José Armando

Universidad Nacional Autónoma de México

vleotejaj@unam.mx

Se presenta el desarrollo de un simulador numérico tridimensional, enfocado a determinar el comportamiento del flujo de fluidos monofásico de yacimientos no convencionales, es decir, de baja permeabilidad, baja porosidad, naturalmente fracturados y con efectos de fracturamiento hidráulico. En este simulador se considera un pozo horizontal productor mediante un modelo matemático de doble permeabilidad-doble porosidad, aplicando la metodología "DK-LS-LGR" para el

mallado por espaciado logarítmico y refinamiento local (Cipolla et al. 2009; Rubin 2010; López-Jiménez and Aguilera 2019). En este trabajo se toman en cuenta los dos diferentes enfoques respecto al comportamiento del flujo de fluidos interporoso, el cual se presenta por la transferencia de fluidos que tiene lugar de la superficie de los bloques de matriz hacia las fracturas naturales, estos dos enfoques se conocen como funciones transferencia tipo Pseudo-Steady State (PSS) y tipo Unsteady State (USS). Se estudia la comparativa para diferentes tamaños de bloques de matriz y de diferentes factores de forma, esto con la finalidad de discernir cuando usar una función tipo PSS o una tipo USS. También, se compara el rendimiento computacional de diferentes modelos con la finalidad de conocer su rendimiento computacional y seleccionar la más adecuada para un caso de estudio en particular.

MSG-4

MODELADO DEL PROCESO DE FUSIÓN PARCIAL DINÁMICA MODAL DEL MANTO SUPERIOR TERRESTRE MEDIANTE EXPLORACIÓN Y BÚSQUEDA ALEATORIA

Bautista Sánchez Perla Cecilia, Méndez Delgado Sóstenes, Velasco Tapia Fernando, Aguilar Madera Carlos Gilberto, Durán López Aldo Agustín y Soto Villalobos Roberto

Universidad Autónoma de Nuevo León

perla.bautistasncz@uanl.edu.mx

La fusión parcial es un proceso magmático en donde un material sólido (una fuente de manto o corteza) genera un magma y un residuo sólido, como resultado de cambios en la presión y/o temperatura, o por la adición de volátiles al sistema. Las características del magma producto dependen de la composición mineralógica y química de la fuente, de las variables intensivas (P y T) y del grado de fusión. En el caso del manto superior, se han utilizado ecuaciones que involucran relaciones de elementos traza (concentración a nivel ppm) en líquidos basálticos de características cercanamente primarias para aproximar la composición química de la fuente mantélica y el grado de fusión, con la restricción de utilizar elementos traza de alta compatibilidad (coeficientes de partición < 1) con la mineralogía de las peridotitas (olivino + ortopiroxeno + clinopiroxeno + fase-Al [plagioclase, espinela o granate]). El objetivo de este trabajo es simular un episodio de fusión parcial de una fuente mantélica superior y con un arreglo de minerales estándar, en condiciones dinámicas, considerándolo como un problema inverso y el cual no tiene solución única. De esta forma, se ha planteado una función objetivo que evalúa cada elemento traza incompatible, en el que la composición de la fuente y el grado de fusión representarían variables de búsqueda. Se ha aplicado un enfoque de optimización que involucra la exploración y búsqueda aleatoria.

MSG-5

CONVOLUCIÓN: DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES Y ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS

Parra Guevara David y Skiba Yuri N.

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

pdavid@atmosfera.unam.mx

La convolución es una función que se obtiene al sumar en direcciones opuestas los valores de dos funciones que dependen del tiempo [4,6]. Esta operación con forma integral aparece en la segunda mitad del siglo XVIII, pero recibe su nombre y notación actual hasta el inicio del siglo XX [2]. Entre sus áreas de aplicación se encuentran: el análisis de circuitos eléctricos, el procesamiento de señales e imágenes, la transferencia de calor, la radioterapia y espectroscopia, entre otros [1,4,6]. En este trabajo se considera un contaminante que se dispersa en la atmósfera. Se muestra que la concentración puntual en un sitio de observación, la concentración promedio en una zona de control y la masa en una región son variables de estado que se expresan como integrales de convolución. Para tal efecto, se considera un modelo de dispersión bien formulado bajo un régimen estacionario de dispersión y transformación del contaminante en la atmósfera. En este caso, se prueba que cada una de las variables de estado es la convolución de la tasa de emisión de la fuente contaminante con una función que se obtiene a partir de la respuesta al impulso unitario del modelo de dispersión. Estos resultados que tienen una forma integral se pueden apreciar como una formulación intermedia entre las soluciones analíticas (Gaussianas) de los modelos de dispersión con coeficientes constantes y las soluciones puramente numéricas de los modelos de dispersión más sofisticados. La importancia de dichas formulaciones es que establecen una relación explícita entre algunos de los parámetros del modelo de

dispersión con la concentración puntual, la concentración promedio y la masa del contaminante. Tal relación explícita es una ventaja computacional para formular y resolver problemas de control de emisiones [3] y de estimación de parámetros [5]. El trabajo inicia analizando el caso particular de la masa total emitida desde una fuente contaminante y la estimación del parámetro de reacción. A continuación, se presenta el caso general de la representación de las variables de estado como una convolución. Finalmente, se formula el problema de la estimación de los parámetros de una fuente puntual y se presentan experimentos numéricos bidimensionales. Referencias [1]. Aroda, P., A. Gueragachi y H. Huang. "Application of the Convolution Operator for Scenario Integration with Loss Data in Operational Risk Modeling". *Journal of Operational Risk*, 10(4), 23-44 (2015). [2]. Domínguez, A., "A History of the Convolution Operation". *IEEE PULSE*, January/February, 38-49 (2015). [3]. Parra-Guevara D. y YN Skiba. Chapter 7: Quadratic Programming Formulation for Controlling the Emissions of Air Pollution Point Sources, 207-247. In: "Horizons in Computer Science Research", Vol. 14. Editor: T. S. Clary, Nova Science Publishers, Inc., NY (2017). [4]. Rahman, M., "Integral Equations and Their Applications". WIT Press, UK (2007). [5]. Skiba, YN y D. Parra-Guevara. "Applications of Adjoint Equations to Problems of Dispersion and Control of Pollutants". Nova Science Publishers, Inc., NY, USA (2015). [6]. Srivastava, HM y RG Buschman. "Theory and Applications of Convolution Integral Equations". Springer, Dordrecht, The Netherlands (1992).

MSG-6

COEFICIENTES TERMOPOROELÁSTICOS EXPERIMENTALES PARA LA CARACTERIZACIÓN DE RESERVORIOS GEOTÉRMICOS DESDE SISTEMAS DE BAJA ENTALPÍA HASTA SISTEMAS SUPERCRÍTICOS

Suárez Arriaga Mario Cesar^{1,2}
¹Asociación Geotérmica Mexicana, AGM

²International Geothermal Association, IGA

mcsa50@gmail.com

En condiciones isotérmicas, la elasticidad clásica de sólidos no porosos requiere sólo dos módulos para describir la relación mecánica entre tensiones y deformaciones. Debido a la porosidad y a diferentes condiciones de medición, la termoporoelasticidad de rocas porosas hidrotermales requiere alrededor de 20 coeficientes experimentales, medidos bajo distintas presiones y temperaturas. Los principales parámetros geomecánicos para estudiar el comportamiento de rocas geotérmicas son: porosidad Φ , permeabilidad absoluta k , variación del fluido contenido en los poros $Zeta$, densidad ρ , módulo de Young E , compresibilidad global CB , módulo de Poisson ν , coeficiente de Lamé λ , módulo de corte G , módulo volumétrico KB , expansión poroelástica inversa H , almacenamiento específico inverso restringido y no restringido M y R , respectivamente, coeficiente de Skempton B y módulo de Biot b . Esas propiedades se miden para cada sistema geotérmico específico, sus valores son únicos y heterogéneos. Además de su comportamiento geomecánico, las rocas porosas tienen una respuesta térmica natural caracterizada por otro tipo de parámetros como su expansividad térmica volumétrica y la expansión térmica de los poros. Existe una gran complejidad en la cantidad y medición de los coeficientes termoporoelásticos cuyos valores dependen explícitamente tanto de la presión de confinamiento como de la temperatura bajo la cual se realiza la medición. El propósito central de este artículo es definir experimentalmente los principales coeficientes termoporoelásticos y cómo se derivan algebraicamente a partir de una base compuesta por sólo cinco coeficientes arbitrarios independientes. Se señalan claramente las lagunas experimentales existentes, mostrando la importancia de los coeficientes en la correcta caracterización de todo tipo de reservorios geotérmicos, desde sistemas de baja entalpía hasta sistemas supercríticos.

MSG-7

TRANSFORMACIÓN EN GEOFÍSICA INTERNACIONAL: EL ROL DE LA MODELACIÓN MATEMÁTICA

Herrera Revilla Ismael¹, Benítez Pérez Héctor², Escalante Ramírez Boris³, Hernández García Guillermo de Jesús¹, Herrera Zamarrón Graciela del Socorro¹, Zavala Hidalgo Jorge⁴ y Armendáriz Sánchez Saúl⁵
¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación, UNAM

³Centro de Estudios en Computación Avanzada, UNAM

⁴Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

⁵Biblioteca Conjunta de Ciencias de la Tierra, UNAM

iherrera@revilla@gmail.com

Geofísica Internacional (GI) es una es una destacada revista científica mexicana que, desde su fundación en 1961, ha sido un pilar en la publicación de investigaciones geofísicas en América Latina y, más recientemente, en otras regiones del mundo. Publicada por el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) bajo el auspicio de la Unión Geofísica Mexicana, GI ha experimentado una significativa reestructuración en el último año. Entre los cambios más destacados, se ha definido una nueva organización editorial con áreas de publicación específicas: Estudios Espaciales y Planetarios, Fluidos Geofísicos, Tierra Sólida y Geofísica, y Geología y Geoquímica Somera, cada una bajo la dirección de un editor en jefe. En este contexto, la modelación matemática y computacional, junto con el auge de modelos basados en datos utilizando

inteligencia artificial (IA), destacan como herramientas esenciales en geofísica. Estas metodologías permiten no solo el análisis, la predicción y la simulación de fenómenos naturales complejos, sino también la extracción de patrones y la generación de modelos predictivos a partir de grandes volúmenes de datos geofísicos. El proceso tradicional de modelación matemática se construye a través de varias etapas fundamentales: se inicia con un modelo conceptual, que representa una interpretación simplificada del fenómeno físico; luego, este concepto se traduce en un modelo matemático, basado en ecuaciones que describen los principios físicos subyacentes. Posteriormente, el modelo matemático se discretiza en un modelo numérico que permite resolver las ecuaciones de manera aproximada mediante algoritmos específicos. Finalmente, el modelo numérico se implementa en un modelo computacional, optimizado para ser ejecutado en plataformas de simulación, facilitando la exploración de escenarios no experimentales y la predicción de eventos futuros. Con el desarrollo de la IA, los modelos basados en datos complementan este enfoque tradicional, permitiendo el análisis de grandes conjuntos de datos para identificar patrones que pueden ser difíciles de modelar exclusivamente mediante ecuaciones físicas. Estos modelos, entrenados mediante técnicas de aprendizaje automático, ofrecen nuevas perspectivas para mejorar la precisión de las simulaciones y para abordar problemas geofísicos donde los datos son abundantes pero los modelos físicos son incompletos o inciertos. Esta integración de métodos tradicionales y basados en datos no solo permite una representación precisa y estable de los procesos geofísicos, sino que también es clave en la verificación y validación de los modelos, garantizando que las simulaciones reflejen con exactitud las observaciones empíricas. En esta plática, se presentará un análisis estadístico de estudios de modelación matemática, computacional y modelos basados en datos publicados en Geofísica Internacional, y se discutirá la importancia de establecer un área en este tema dentro de la revista. La creación de esta área fortalecerá el perfil académico de GI, proporcionando una plataforma sólida para la publicación de investigaciones innovadoras en este campo y abordando una necesidad emergente en la región.

MSG-8

COMPARATIVA DE LA TÉCNICA DE APAGADO DE CELDAS VERSUS LA TÉCNICA AVANZADA DE TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS EN LA SIMULACIÓN NUMÉRICA DEL FLUJO DE FLUIDOS BIFÁSICO EN MEDIOS POROSOS

Teja Juárez Víctor Leonardo y Torres López José Armando

Universidad Nacional Autónoma de México

vleoteja@unam.mx

En este trabajo se presenta una comparativa de dos simuladores para la solución numérica del flujo bifásico incompresible en medios porosos. El modelo matemático está basado en las ecuaciones de conservación de masa para las fases agua y aceite. La técnica de diferencias finitas y el método de Newton-Raphson se usan para discretizar y linealizar las ecuaciones diferenciales parciales gobernantes que describen el modelo físico. Los simuladores utilizan bibliotecas que ya incluyen los métodos del subespacio de Krylov para resolver sistemas de ecuaciones lineales. La diferencia entre los simuladores recae en que el primero utiliza la técnica de apagado de celdas y el segundo utiliza la técnica avanzada de transformación de coordenadas, ambos con el objetivo de resolver el flujo de fluidos en dominios con geometrías irregulares no ortogonales. Se comparan los resultados de tres diferentes geometrías, las cuales abordan una variante del benchmark de inyección de agua para el desplazamiento de aceite conocido como "five spot". También se evalúa el rendimiento computacional de los códigos desarrollados. Los resultados muestran que dependiendo de la geometría del dominio puede utilizarse una técnica u otra, sin embargo, la técnica de apagado de celdas requiere mayor número de celdas discretizadas para describir de manera correcta la fenomenología en cuestión.

MSG-9

SENSITIVITY ANALYSIS OF HYDROGEOLOGICAL AND MECHANICAL PARAMETERS TO MODEL 1D LAND SUBSIDENCE IN THE HIGHLY COMPRESSIBLE HETEROGENEOUS AQUITARD OF MEXICO CITY

Zapata Norberto Berenice¹, Morales Casique Eric², Contreras Galván René³ y Ramos Leal José Alfredo⁴
¹División de Geociencias Aplicadas, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C.

²Instituto de Geología, UNAM

³TGC Geotecnia S.A. de C.V.

berenice.zapata@ipicyt.edu.mx

We employ automated inverse modeling to conduct a sensitivity analysis on a 1D nonlinear flow and subsidence model of the highly compressible heterogeneous aquitard of Mexico City. We focus our investigation on a research site that was instrumented with piezometers and extensometers and was monitored for 10 years. The estimated thickness of the aquitard at the research site is 100 m. Our algorithm to model groundwater flow and deformation considers the nonlinearity arising from the fact that hydraulic conductivity (K), void ratio (e) and the storage coefficient (S_s) depend on the effective stress. We use the PEST software to conduct the inverse simulation. Following the conceptual hydrogeological and geomechanical analysis of Zapata-Norberto et al. "Analysis and numerical modeling of data from piezometers and extensometers reveal the main drivers of land subsidence in Mexico

City" (related abstract and talk in this RAUGM), we model the deformation due to groundwater pumping imposing a known drawdown rate at the base of the 1D domain to represent the drawdown rate observed in the regional aquifer. The different strata of the aquitard are represented in the 1D model (upper clay formation UCF, hard layer HL, lower clay formation LCF, deep deposits DD, deep clay formation DCF and deep stratified formation DSF) and the aquifer is represented by a section of 36 m length. Parameters within each stratum of the aquitard are assumed uniform (given that K , e and S_s are stress-dependent, and hence change with time, only their initial value are calibrated during the inverse procedure). The results show that in general, hydraulic conductivity K is the parameter with the largest sensitivity; in addition, the sensitivity is larger at the base of the aquitard (DSF) and diminishes for the upper strata (the UCF and HL showed zero sensitivity because pore pressure has not changed). Only the compression index (C_c) of the deepest strata of the aquitard (DSF) showed a significant sensitivity value, but its magnitude is one order of magnitude smaller than the sensitivity of K . The sensitivity of void ratio e of DSF and DD showed a significant sensitivity but also one order of magnitude smaller than the sensitivity of K . Our results highlight the importance of hydraulic conductivity K in modeling land subsidence driven by groundwater pumping.

MSG-10

IMPLEMENTACIÓN DEL MODELADO DIRECTO MAGNETOTELÚRICO (MT) 3D EN MEDIOS CON ANISOTROPÍA ELÉCTRICA USANDO ELEMENTOS FINITOS FEM

Centeno Salas Félix, Colchado Casas Juan Carlos,
Huante Arana Francisco y Pita de la Paz Carlos

GEOTEM

felix.centeno@geotem.com.mx

En años recientes, el estudio de un medio con respuesta a una anisotropía eléctrica ha sido tema de atención en las implementaciones para el modelado del método magnetotelúrico (MT) debido al estudio de patrones estructurales de la resistividad eléctrica. En este trabajo, se presenta los resultados de la implementación del modelado directo MT 3D en un medio con anisotropía eléctrica, usando elementos finitos (FEM) con una malla hexaédrica de primer orden. Se realiza una transformación de dominio en la ecuación de Helmholtz para que esté en términos del potencial eléctrico (V) y el potencial magnético (A), esto decremente el número de derivadas dobles que se calculan en el doble rotacional por lo que los elementos no nulos de la matriz de rigidez del sistema de ecuaciones disminuyen. La implementación de la ecuación de Helmholtz usando los potenciales nos produce un ensamble de la matriz de rigidez mal condicionada para las bajas frecuencias como es el caso de la implementación con campos eléctrico (E) y magnético (H), por lo tanto, no es necesario una corrección por divergencia. Los resultados se validan comparando la respuesta de la solución cerrada 1D de Pek y Santos (2002) con la respuesta de un modelo 3D de capas paralelas. Además, se valida comparando los resultados con la implementación 3D de algunos autores del proyecto Comparison Of Modelling Methods for ElectroMagnetic Induction problems (COMMEMI) (Zhdanov et al., 1997).

MSG-11

INTERFACE (GUI) PARA EL PROCESAMIENTO, MODELADO E INVERSIÓN DE TOMOGRAFÍA DE RUIDO SÍSMICO

Colchado Casas Juan Carlos, Centeno Salas Félix, Granados Iván, Gallardo Juárez Vanessa y Pita de la Paz Carlos

GEOTEM

juan.colchado@geotem.com.mx

La tomografía de ruido sísmico es una técnica muy utilizada y ahora con el avance de la tecnología para sensores sísmicos cuestiones de practicidad, rapidez, sensibilidad, autonomía (nodos sísmicos, acelerómetros etc.) estos nos lleva a desarrollar nuevas herramientas permitiendo aprovechar al máximo la gran cantidad de datos que estos instrumentos nos permiten adquirir y con ello obtener imágenes de alta resolución de la estructura del subsuelo. Sin embargo, el procesamiento y análisis de los datos asociados a esta técnica suelen ser complejos y demandan un tiempo considerable en la industria. En este trabajo presentamos el desarrollo de una interfaz gráfica de usuario (GUI) para el procesamiento, modelado e inversión de datos de tomografía de ruido sísmico. La herramienta ha sido diseñada para facilitar el flujo de trabajo, desde la importación, preprocesamiento de datos, el análisis práctico de bases muy grandes de datos sísmicos, la visualización de información y análisis de los resultados. La GUI integra algoritmos de IA para el picado de curvas de Dispersión, la aplicación de procesos de filtrado, cálculo de SNR, cálculo de tomogramas e inversión de modelos 1D de velocidad de fase. Además, permite la visualización de los modelos de velocidad obtenidos, así como la comparación de diferentes resultados en un menor tiempo. El diseño modular de la interfaz posibilita su adaptación a diferentes tipos de técnicas sísmicas, mejorando la eficiencia y la precisión en la interpretación de datos. Este desarrollo tiene el potencial de convertirse en una herramienta clave en la industria para geofísicos e ingenieros de proyectos, exploración y monitoreo.

MSG-12

PERFECCIONAMIENTO DEL MODELADO NUMÉRICO DE UN MEDIO ESTRATIFICADO MEDIANTE LA APROXIMACIÓN DE TENDENCIAS Y OPTIMIZACIÓN DEL NÚMERO DE CAPAS

Ortiz Osio Manuel, García Serrano Alejandro y Angeles Rojo Yosselin L.

Facultad de Ingeniería, UNAM

manuel.ortiz@ingenieria.unam.edu

Se presenta una metodología para mejorar la interpretación de Sondeos Eléctricos Verticales. Las herramientas habituales optimizan los parámetros de profundidad y resistividad a partir del conocimiento del número de capas. Sin embargo, el resultado de la interpretación dependerá del modelo estratificado inicial, lo que generalmente requiere varias ejecuciones del algoritmo para inferir el número de capas que mejor explica los datos evaluados. La metodología propuesta comienza con el cálculo de la tendencia en los datos de entrada mediante un algoritmo basado en la transformada de Hilbert-Huang. La etapa de optimización consiste en crear n modelos iniciales de forma aleatoria, teniendo como parámetros el número de capas con su respectivo espesor y resistividad. Cada modelo es evaluado utilizando el error cuadrático medio en relación con la tendencia de los datos, penalizando por número de capas. Los parámetros se perturban mediante un algoritmo de cómputo evolutivo. Como resultado de este sistema, se obtiene un modelo con el mínimo número de capas que mejor explica los datos de entrada, así como un conjunto de modelos que complementan la interpretación. Con este enfoque es posible obtener modelos óptimos, evitando la subjetividad al elegir un modelo inicial y optimizarlo para un número fijo de capas.

MSG-13

SOFTWARE DE ELEMENTOS FINITOS PARA CALCULAR EL FLUJO DE FLUIDOS Y EL TRANSPORTE DE CALOR EN MONTES SUBMARINOS

Manea Vlad Constantin¹, Sewell Edward Granville²,
Manea Marina¹, Yoshioka Shoichi³ y Suenaga Nobuaki⁴

¹Instituto de Geociencias, UNAM²Department of Mathematical Sciences, University of Texas-El Paso³Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University, Kobe, Japan⁴Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University, Kobe, Japan

vlad@geociencias.unam.mx

En la Tierra, las placas tectónicas oceánicas están lejos de ser homogéneas. De hecho, una gran cantidad de discontinuidades batimétricas, como montes submarinos, zonas de fractura, dorsales y fosas, marcan el fondo de los océanos. Entre estas características, los montes submarinos que sobresalen de la capa sedimentaria pueden desempeñar un papel importante al establecer un intercambio continuo de fluidos y calor entre la litosfera oceánica y el océano. Aquí presentamos un enfoque de elementos finitos para calcular la distribución de flujo, temperatura y presión dentro de los montes submarinos utilizando PDE2D, un programa de elementos finitos de propósito general para resolver ecuaciones diferenciales parciales (EDP) multidimensionales. Usamos PDE2D para resolver las ecuaciones acopladas de continuidad, la ecuación de Darcy y la ecuación de conservación de energía en 2-D. Comparamos nuestros códigos con los resultados de códigos de hidro-termo-transporte bien establecidos diseñados para resolver el flujo de fluidos para sistemas de circulación hidrotermal submarinos, y obtenemos resultados similares, incluso para modelos axisimétricos. A continuación, presentamos un modelo numérico axisimétrico PDE2D adaptado a la geometría real del monte submarino Grizzly Bare ubicado en la placa de Juan de Fuca. Calculamos el flujo de calor superficial y obtenemos una buena correlación entre nuestras predicciones y las observaciones in situ disponibles. Nuestros códigos numéricos se pueden utilizar para modelar cualquier forma de monte submarino y geometrías complejas para las interfaces sedimento/basamento, incluidos los casos 3-D en los que el monte submarino se puede aproximar mediante una geometría radialmente simétrica. En este trabajo, proporcionamos acceso abierto completo a nuestros códigos numéricos PDE2D que pretenden ser simples y fáciles de adaptar para una amplia gama de formas y tamaños de montes submarinos.

MSG-14

MODELING THE ATTENUATION CHARACTERISTICS OF URBAN VIBRATIONS AND THEIR IMPACT ASSESSMENT ON INFRASTRUCTURES IN AREQUIPA, PERU

Mamani Sánchez Jackeline María¹, Quispe Lady¹, Ticona Ema¹, Condori Cristóbal¹, Minaya Armando¹, Hussain Yawar², Ticona Javier¹ y França George S.³

¹Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, UNSA²Earth Science Department, Research Centre for Geological Risks-CERI, University of Rome "Sapienza"³University of São Paulo, Institute of Astronomy, Geophysics and Atmospheric Sciences, Brazil

jackelin.geof@gmail.com

Rapid and unplanned urban growth in developing countries can lead to increased urban vibrations, which may have an adverse impact on the urban and archaeological infrastructures. The severity of damage is a function of several site-specific variables (i.e., distance, speed, weight, conditions and type of soil, and age of

the building, among others) and hence the numerical prediction equation requires local adjustments based on field measurements. Hence, for the present study, measurements have been performed in densely populated areas of Arequipa, the second economic hub and densely populated (about 1 million inhabitants) city in Peru. The vibrations were analyzed using DIN 4150-3 standards to evaluate the peak particle velocity (PPV) patterns in the frequency domain. The regression fit models were obtained using the generalized Levenberg-Marquardt inversion approach. The analysis of geometric and material damping coefficients was automated using a neural network for the different sources evaluated. The results show railway traffic records where the PPV = 18 mm/s with frequencies of 30 to 60 Hz; in vehicular traffic records, the PPV = 40 mm/s with resonance frequencies of 10 and 20 Hz; while for records of the compaction roller, the PPV = 30 mm/s with frequencies of 20 to 60 Hz. Possible structural damage to the buildings was estimated due to the vibrations generated by the compaction roller. A resonance effect was also evident in bridges; in both cases the records exceeded the second limit of Standard DIN 4150-3, while in railway traffic sources, possible structural damage to sensitive material was estimated. The ground vibration attenuation analysis marked an inverse relationship between the maximum velocities and the distance from the source, which vary depending on the geometric and material damping. In cohesive soils such as concrete slabs, with compact granular material, high porosity and low humidity, the wave propagation speed is greater, reducing the foundations' stresses and the direct transmission to the structure. While, in silty sandy soils, with lower porosity and higher humidity, the propagation speed decreases, which increases the stress transmitted in the foundations.

MSG-15

INVERSIÓN 3D DE DATOS GRAVIMÉTRICOS EN EL GOLFO DE MÉXICO MEDIANTE REDES NEURONALES U-NET

Fernández Hernández Héctor Abel, Urrutia Fucugauchi Jaime y Ramírez Ponce Eimy
 Universidad Nacional Autónoma de México
 hafernandezh9706@gmail.com

Se presenta la implementación de redes neuronales de arquitectura U-NET para la inversión 3D a gran escala, de datos gravimétricos de la plataforma de Yucatán. El sistema de inteligencia artificial es entrenado mediante una aproximación basada en la teoría del paseo aleatorio y función objetivo Dice. El código fue paralelizado y ejecutado en una GPU del tipo NVIDIA Geforce GTX 3060 y además se distribuyó el set de entrenamiento en lotes para optimizar los recursos computacionales. Se emplean ensayos de repetición para estimar los hiperparámetros óptimos de entrenamiento lográndose un decaimiento progresivo y estable de la función objetivo. El modelo es validado mediante su aplicación sobre datos sintéticos con niveles variables de ruido. Se estima la precisión y el error medio cuadrático mediante un algoritmo que evalúa celda a celda la diferencia entre valores predichos por la inteligencia artificial con modelos patrones. Se aplicaron correcciones básicas a datos gravimétricos de la NOAA. Se aplicó el método de fuentes equivalentes para obtener una malla de datos adecuada para la inversión. La inversión mediante la aplicación de la inteligencia artificial proporciona los modelos de densidades tridimensionales. Las redes neuronales permiten invertir datos gravimétricos a gran escala. Las pruebas numéricas sobre datos sintéticos muestran una precisión de un 98% y un error medio cuadrático de 90.

MSG-16

DESARROLLO DE UN SIMULADOR NUMÉRICO PARA LA EVALUACIÓN DE LA INYECCIÓN DE NANOPARTÍCULAS COMO MÉTODO DE RECUPERACIÓN MEJORADA DE ACEITE EN YACIMIENTOS PETROLEROS

Ramírez Guerrero Eduardo, Torres López José Armando y Teja Juárez Víctor Leonardo
 Universidad Nacional Autónoma de México
 erg_edu@hotmail.com

Los combustibles fósiles se mantendrán en su posición como la principal fuente de energía en el país por lo menos en los próximos 30 años. En este sentido México tiene muchos yacimientos clasificados como maduros con su producción en fase de declinación. Ahora bien, se conoce que el porcentaje de volumen extraído o factor de recuperación de hidrocarburos por presión natural es relativamente bajo (menor al 20%). Entonces, para extraer el volumen de hidrocarburos remanente se aplican técnicas de recuperación secundaria o recuperación mejorada (EOR, por sus siglas en inglés) según sea conveniente dependiendo de las características del yacimiento. En este sentido, explorar las nuevas técnicas de EOR como lo son la inyección de fluidos que contengan nanopartículas es de peculiar interés, ya que éstas han demostrado ser eficaces para mejorar la movilidad del aceite y por ende facilitar su extracción. En este trabajo se desarrolla un simulador numérico con el objetivo de evaluar la inyección de nanopartículas para la recuperación de aceite y cuantificar tanto la mejora de producción como evaluar el daño a la formación por absorción de estas al medio poroso. El modelo matemático está basado en las ecuaciones de conservación de masa para las fases agua y aceite, así como una ecuación de transporte de advección-difusión para analizar la concentración de las nanopartículas a través del medio poroso. Estas ecuaciones se resuelven secuencialmente en el simulador numérico propuesto. Los primeros experimentos numéricos muestran que el simulador desarrollado reproduce la fenomenología de inyección, desplazamiento y transporte de nanopartículas adecuadamente. También, que, si se inyecta una alta concentración de nanopartículas, estas se

adsorben de manera rápida al medio poroso y consecuentemente se daña la formación, teniendo efectos adversos a los esperados, puesto que se disminuye la capacidad del medio poroso para dejar fluir los fluidos adecuadamente. Por lo tanto, se lleva a cabo un análisis numérico exhaustivo en un yacimiento mexicano propuesto para encontrar los parámetros adecuados de concentración y flujo volumétrico (gasto), con el objetivo de mejorar la producción de aceite sin dañar de manera catastrófica la formación.

MSG-17

APROVECHAMIENTO DE CALOR EN SISTEMAS PETROTÉRMICOS: UN ANÁLISIS NUMÉRICO EN TOUGH2 PARA EL CASO DEL CAMPO GEOTÉRMICO DE ACOCULCO, PUEBLA

Guerrero Martínez Fernando Javier¹, Santoyo Edgar¹ y García Navarrete Luis Armando²

¹Instituto de Energías Renovables, UNAM

²Posgrado en Ingeniería, UNAM

fernando.guerrero@outlook.com

Conforme el mundo avanza a esquemas de generación eléctrica baja en carbono, se ha presenciado una rápida expansión de las energías renovables intermitentes, como energía solar y viento. En contraste, la capacidad instalada de la electricidad geotérmica ha crecido a una tasa mucho menor. Por lo anterior, es necesario proveer a la industria geotérmica de innovación continua, a fin de mantener la competitividad de esta tecnología y contribuir al desarrollo de sistemas de generación eléctrica robustos y flexibles. En este trabajo se propone una estrategia de aprovechamiento de calor para un yacimiento hipotético de Roca Seca Caliente (HDR), el cual toma como referencia el área geotérmica de Acoculco, como sistema que presenta un elevado gradiente geotérmico en condiciones de baja permeabilidad. El modelo conceptual del sistema HDR consiste en un espesor de roca de 250 m confinado por rocas impermeables, se asume que dicho espesor contiene una red de fracturas asociadas al sistema de fallas que atraviesan la zona y cuya permeabilidad puede ser estimulada. Un triplete de pozos conformado por un inyector y dos productores (1000 m de espaciamento) permite la circulación de un fluido de trabajo a través de la red de fracturas para el aprovechamiento del calor del yacimiento. Se evalúa el desempeño energético del sistema mediante un modelo numérico con el uso del software TOUGH2. El modelo numérico calcula el transporte de calor y masa a través del medio poroso y fracturado mediante el esquema de múltiples continuos (MINC). Adicionalmente, se consideran y comparan dos posibles fluidos de trabajo a un mismo flujo másico: agua pura y CO₂, y se evalúa el efecto del espaciamento en la red de fracturas en el desempeño del sistema. Los resultados muestran que para una temperatura de yacimiento de 300 °C, el sistema basado en CO₂ presenta condiciones de operación adversas, las cuales se traducen en una mayor caída de presión entre los pozos productores e inyector y con ello una mayor demanda energética del sistema de circulación. Esta mayor caída es aproximadamente 20 bar superior a la requerida por el sistema a base de agua. Asimismo, a la temperatura de operación, el CO₂ presenta una menor capacidad calorífica, lo que limita la tasa de remoción de calor en comparación con agua. Para un periodo productivo de 30 años, el yacimiento a base de agua presenta un impacto térmico (enfriamiento) que abarca toda la extensión entre pozo inyector y productores, mientras que en el caso de CO₂ el impacto térmico es solo en aproximadamente el 60% de la extensión que une a los pozos. Los resultados muestran también que espaciamentos en la red de fracturas de entre 10 y 75 m se comportan de forma semejante en términos de la tasa de remoción de calor por el fluido. Se recomiendan restricciones adicionales para representar el medio fracturado, tales como geometría de la red, porosidad de la matriz de roca y las fracturas, así como la integración de modelos geomecánicos para representar con mayor exactitud las propiedades de transporte del yacimiento.

MSG-18

MODELADO DE TRANSPORTE DE MASA Y CALOR PARA CAMPOS GEOTÉRMICOS

Alarcón Pacheco Alan Yair¹ y Flores Márquez Elsa Leticia²

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Instituto de Geofísica, UNAM

a.alarcon@igeofisica.unam.mx

Uno de los principales retos energéticos que enfrenta México es el aumento de la demanda de energía eléctrica, impulsado por el continuo crecimiento de la población y la necesidad de producir energía con cero emisiones, en cumplimiento de los acuerdos firmados en París en 2016. Para un óptimo aprovechamiento de los yacimientos geotérmicos, es necesario caracterizar correctamente los parámetros geológicos, geofísicos y termodinámicos. Además, es fundamental generar modelos matemáticos que contemplen tanto los términos lineales como los no lineales de la ecuación diferencial parcial de transporte de energía, la cual describe tanto el proceso de conducción como el de convección. En la actualidad, existen diferentes softwares comerciales enfocados en la modelación, entre los cuales se encuentran Move, Geocad, Comsol, Tsurf, Midas, NFX, Flac3D y Though. La principal desventaja de estos programas radica en su poca flexibilidad para ser modificados, ampliados y/o adaptados a casos particulares. Además, muchos de ellos no consideran adecuadamente términos relacionados con la convección, lo que limita su aplicabilidad en ciertos escenarios y también tienen elevados costos comerciales. En el presente trabajo, desarrollamos una serie de códigos en Python utilizando las librerías FEniCS para resolver, mediante el método de Elementos

Finitos, las ecuaciones de transporte de calor y flujo. Estos códigos abordan tanto casos de conducción, convección forzada y convección natural, acoplando las ecuaciones de continuidad, calor y Darcy, como casos de transporte no estacionario con las ecuaciones de Darcy, Darcy-Brinkman y Navier-Stokes.

MSG-19

TONALLI: UN MODELO MHD NLTE MULTIESPECIES - PRUEBAS DE CONVERGENCIA

De la Luz Víctor¹, Huipe Elizandro² y Arjang Mona³¹Laboratorio Interdisciplinario de Cómputo Científico, UNAM²IRyA UNAM³UNAM

itlti@gmail.com

En esta charla actualizaremos los avances que tenemos con el modelo Magnetohidrodinámico (MHD) Fuera de Equilibrio Termodinámico Local (NLTE) multiespecies Tonalli, los cuales incluyen los resultados de convergencia y las primeras comparaciones contra modelos en Equilibrio Termodinámico Local (LTE) en condiciones de la cromosfera solar. Tonalli es un código híbrido compuesto de CAFE, un modelo de dinámica MHD; Pakal, un modelo para resolver el equilibrio estadístico multiespecie y un orquestador para controlar la convergencia entre ambos modelos a partir de una única ecuación de estado. Tanto CAFE como Pakal utilizan el estándar de MPI para realizar los cálculos en paralelo.

MSG-20

COMPARISON OF RESULTS FROM PAKAL WITH THE OBSERVATIONS FROM ALMA FOR CHROMOSPHERIC NETWORK STRUCTURES, FOCUSING ON SUB-MILLIMETER FREQUENCIES

De la luz Rodríguez Víctor Hugo y Arjang Mona

UNAM, Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia

vdelaluz@enesmorelia.unam.mx

PakalMPI is a numerical model that calculates electron and ion densities within atmospheric layers, subsequently solving the radiative transfer equation to determine solar disk brightness temperatures at various wavelengths. This code is particularly adept at simulating the solar chromosphere. Leveraging a 128-node high-performance computing cluster, we generated high-resolution solar chromosphere images at arbitrary frequencies through approximately 1000 CPU hours of computation. This study compares synthetic emission produced by PakalMPI with contemporary observations from the Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA). We utilized ALMA data from project ID 2018.1.01879.S, which provides temperature measurements of the chromospheric layer at a wavelength of 3 mm (approximately 100 GHz). To enable a direct comparison, some preprocess was needed to ensure identical properties in both images from Alma and Pakal. First we needed to change units to Arcsecond and the interval of producing data which means the minimum and maximum of the temperature we are working with, the color scale, resolution and size of the image are the other properties which were changed. By employing advanced image analysis techniques, we correlated the simulated and observed chromospheric network structures, focusing on sub-millimeter frequencies.

MSG-21

USO DE REGULARIZACIÓN ESPACIAL ROBUSTA PARA EL MÉTODO DE DECONVOLUCIÓN DE EULER

Palafox González Abel, Rámoz León José Antonio,

Fregoso Becerra Emilia y Nava Flores Mauricio

Universidad de Guadalajara

abel.palafox@academicos.udg.mx

El método de Deconvolución de Euler ofrece buenos resultados al aplicarse en estudios de exploración geofísica con métodos potenciales. En algunos casos como lo es el estudio de sitios arqueológicos, se tienen múltiples cuerpos fuente que pueden tener diferentes profundidades, o bien, es de interés la identificación de los bordes de las estructuras subyacentes. Esto representa una limitante para el método de Deconvolución de Euler en su formulación estándar. Por otro lado, la implementación del método de Deconvolución de Euler es susceptible a problemas de precisión numérica ya que la matriz del sistema lineal asociado puede ser severamente mal condicionada. Un camino natural para compensar los problemas en la solución numérica es agregar un esquema de regularización. Los esquemas de regularización basados en Tikhonov o en el Laplaciano ayudan con el mal condicionamiento, pero a cambio agregan suavidad en las soluciones del método. En este trabajo, se propone el uso de un esquema de regularización basado en potenciales robustos. Los potenciales robustos se diseñan tomando distribuciones de probabilidad que no son sensibles a datos atípicos. Esto le da la capacidad al regularizador, de poder detectar bordes de cuerpos fuentes. Se mostrarán los avances de esta investigación en algunos casos de prueba sintéticos.

MSG-22

MODELADO DE DATOS DE MÉTODOS POTENCIALES EMPLEANDO REPRESENTACIONES SUSTITUTAS Y ALGORITMOS BIOINSPIRADOS

Nava Flores Mauricio y Palafox González Abel

Universidad de Guadalajara

mauricio.navaflores@academicos.udg.mx

El modelado directo e inverso de campos potenciales en la exploración geofísica, tradicionalmente se lleva a cabo discretizando el dominio a través de ensambles de cuerpos con geometría simple, como prismas rectangulares o prismas con secciones poligonales. La idea detrás de esta metodología, es que la geometría de la fuente se aproxime con el agregado de cuerpos empleado en la discretización. Dependiendo de la estrategia por seguir, el problema directo resultante será un sistema de ecuaciones lineales o no lineales, cuyo tamaño depende del número de cuerpos empleados en la discretización y el número de puntos en que se calculará el problema (observaciones). En ambos casos el problema inverso será un reto, debido a la no unicidad de los campos potenciales, lo que crea la necesidad de utilizar términos de regularización que añaden suavidad a las soluciones y dificultan la interpretación de fuentes con bordes bien definidos. En este trabajo se presenta el modelado de campos potenciales empleando una representación sustituta dada por un poliedro irregular con caras triangulares. Esta representación no requiere de discretización del dominio y es particularmente útil para representar cuerpos individuales con geometría compleja. El problema directo no genera ningún sistema de ecuaciones y se plantea la solución del problema inverso a través del método bioinspirado de Optimización por Enjambre de Partículas. Se muestran resultados obtenidos al momento en experimentos numéricos con datos sintéticos, enfatizando las diferencias, ventajas y desventajas identificadas, con respecto a los métodos de discretización de dominio.

MSG-23

EXPERIENCIA ACTUAL DE MODELACIÓN DE LA PARTE SUR DE LA CUENCA DE MÉXICO

Hernández García Guillermo de Jesús¹, Berumen SaldívarGustavo² y Herrera Zamarrón Graciela del Socorro^{1,3}¹Instituto de Geofísica, UNAM²ESIA Instituto Politécnico Nacional³Instituto de Geología, UNAM

ghdez@igeofisica.unam.mx

Actualizamos la modelación computacional de flujo en el sistema acuífero de la parte sur de la Cuenca de México, SAPSurCM, con Modflow 6, la más reciente versión del código de modelación tridimensional de flujo de agua subterránea del servicio geológico de los EE. UU., el USGS, por sus siglas en inglés. Se procedió trasladando una versión del dominio del modelo para el código Modflow 2005, la versión previa del USGS. Se hizo uso de la interfaz gráfica Model Muse, que permite la refinación por zonas de celdas de la malla de volúmenes finitos del dominio del modelo. Se traslada el modelo para el estado estacionario así como el modelo para el estado transitorio. Se hace uso de la herramienta FLOPY para manejar el código, con el lenguaje de programación Python, y se evalúan entre otros, los errores de raíz cuadrática media, RMSE y las velocidades. Se exploró la nueva versión para evaluar el balance por zonas, Zone Budget, y aplicando el paquete de graficación del USGS GW_Chart se logran visualizar los resultados, tales como perfiles de bombeo, de recarga, de aporte por almacenamiento y otros. Se logra una mejor convergencia que evita que se presenten celdas que se secan y entonces se invalidan. Lo anterior se logra mediante una mejor definición del coeficiente de almacenamiento, Ss, del rendimiento específico, Sy, por separado. Se logró, como parte de esta experiencia, superar varios obstáculos que se presentan con la nueva versión, tanto al cambiar la formulación matemática, como al cambiar los formatos de los datos de entrada y de salida.

MSG-24

MODELOS NUMÉRICOS DE SUBDUCCIÓN 4D PARA LA ZONA DE NORTEAMÉRICA OCCIDENTAL DESDE 40 MA, RESTRINGIDOS MEDIANTE RECONSTRUCCIONES TECTÓNICAS

Pérez Luján Rodrigo¹, Manea Vlad Constantin¹ y Yoshioka Shoichi^{2,3}¹Computational Geodynamics Laboratory, Instituto de Geociencias, UNAM²Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University, Kobe, Japan³Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University, Kobe, Japan

perezlr@geociencias.unam.mx

Durante los últimos años, se han desarrollado nuevos modelos refinados de reconstrucciones de placas tectónicas cuyo objetivo ha sido, entre otros, proponer con mayor grado de confianza las geometrías, posiciones, velocidades y edades diferenciales de las placas a escala global, abarcando un periodo desde hace al menos 250 Ma hasta el presente. Los modelos más reconocidos y utilizados sintetizan la evolución de las placas a intervalos de cada millón de años y pueden ser visualizados y sus datos extraídos con un dominio y resolución modulable a través de software de código abierto. Para el modelado numérico geodinámico,

dichos modelos de reconstrucciones tectónicas otorgan datos clave, ya que permiten imponer condiciones de frontera (campos de velocidad, temperatura, etc.) confiables y dependientes del tiempo en la región superficial del dominio de modelado, esto ayuda a restringir la solución de los modelos haciéndolos más realistas. En el presente trabajo, se utiliza el código paralelizado de elementos finitos CitcomS para la modelación de la subducción vista como un problema termomecánico de convección en el manto dentro de un dominio esférico. Se modela la subducción (y subsecuente fragmentación y desprendimiento) de la placa Farallón debajo de Norteamérica desde 40 Ma. El modelo regional se extiende aproximadamente 0.7 radianes en latitud (~4200 km), 1.2 radianes en longitud (~7580 km) y hasta una profundidad de 1911 km, e incorpora como condiciones de frontera en superficie las reconstrucciones tectónicas más recientes para la zona de estudio en términos cinemáticos y de edad de las placas, esto último para actualizar la estructura térmica en la región más superficial del modelo (profundidades menores a 150 km) para cada millón de años del modelado. Se realizaron distintas pruebas modificando la velocidad de convergencia en la trinchera al doblar la velocidad de flujo de la litósfera continental, así como dos metodologías distintas para actualizar la estructura térmica del modelo en la región superficial: (1) Se mantiene una litósfera caliente en las cercanías (~600 km) de la trinchera durante todo el modelado y (2) se permite el movimiento de la región continental más fría hacia las cercanías de la trinchera. Los modelos muestran que el efecto de incrementar la velocidad del flujo en la placa continental es un mayor ángulo de penetración de la placa oceánica sobre el manto superior, en comparación con el uso de la velocidad real. Por otra parte, el mantener una litósfera continental caliente cerca de la trinchera de igual manera propicia un mayor ángulo de penetración de la placa. Además, cuando el material frío y más denso de la litósfera continental es libre de interactuar con la placa en subducción, generalmente se obtiene subducción plana. Se presenta la comparación entre las placas subducidas obtenidas y aquellas obtenidas por medio de tomografía sísmica mostrando una buena correlación.

MSG-25

FORMULACIÓN MIXTA-MIXTA PARA FLUJO Y TRANSPORTE

Vera Norberto

Universidad Nacional Autónoma de México
nrbrtvr@gmail.com

En este trabajo se presentan los primeros experimentos computacionales del modelo de desplazamiento miscible 3D considerando dos modelos mixtos duales acoplados, un modelo mixto de flujo en base a los campos velocidad-presión (u, p) y otro modelo mixto de transporte en términos de los campos flujo de masa-concentración (w, c). A los modelos mixtos de flujo y transporte (u, p) y (w, c), se les ha aplicado descomposición de dominio para obtener la versión macrohíbrida mixta dual de cada uno de ellos, y con base en esta descomposición, se obtiene la versión macrohíbrida mixta dual del modelo de desplazamiento miscible. El propósito de formular el modelo de desplazamiento miscible en su versión macrohíbrida mixta dual, es simplificar la programación de los algoritmos ALG I y ALG II que resuelven cada uno de los modelos y al mismo tiempo, poder utilizar cómputo en paralelo en un ambiente MPI para evaluar la potencialidad de esta formulación.

MSG-26

USO Y DETERMINACIÓN DE VISCOSIDADES PARA EL MONITOREO SÍSMICO DE PROCESOS TERMODINÁMICOS EN SISTEMAS VOLCÁNICOS

Ortiz Osornio Miryam

Universidad Autónoma de la Ciudad de México, UACM
miryam.ortiz@uacm.edu.mx

Los sistemas volcánicos son dinámicos tanto temporal como espacialmente, debido a la complejidad de las relaciones en los parámetros involucrados en las variaciones termodinámicas, resulta difícil el monitoreo y determinación de los estados físicos. Más aún, este monitoreo es indispensable no solo para el estudio y comprensión de los sistemas volcánicos, sino también para la determinación oportuna de sistemas de alerta temprana y mejora en la precisión de las mismas. La evolución de los procesos termodinámicos en un sistema volcánico es monitoreada con la combinación de diferentes parámetros, dentro de los que se incluyen los relacionados con la actividad sísmica. Tanto la distribución espacial, como temporal de las formas de onda son utilizadas para relacionar mecanismo de ruptura y desplazamiento de fluidos dentro del aparato volcánico. Predominantemente, se utiliza la estimación de velocidades de onda para definir cambios en la distribución de densidades del medio de propagación. A su vez, la densidad mantiene una relación directa con la viscosidad de los fluidos que saturan poros y fracturas. Son diferentes las situaciones que producen cambios en la viscosidad del magma, como disminución o incremento de presión y temperatura, composición del magma, como el contenido de sílice y gas, o la velocidad de desplazamiento en los diferentes conductos. En este trabajo se revisan los métodos para determinar los cambios de viscosidad de los medios de propagación a partir de parámetros de ondas P y S, como velocidades y contenido de frecuencias. Así mismo, se estudia la sensibilidad de estos parámetros para determinar variaciones de viscosidad tanto temporal como espacialmente. Finalmente, se resumen las relaciones teóricas entre los diferentes parámetros de física de rocas y los cambios termodinámicos asociados a los cambios de estado en las estructuras volcánicas. Si bien la precisión de dichas relaciones requiere de

una buena calidad de datos, misma que ha mejorado sustancialmente en las últimas décadas, también es importante reconocer que aún existen limitantes.

MSG-27

MODELO GEOFÍSICO 3D DE LA ESTRUCTURA CORTICAL DEL CRÁTER DE IMPACTO PANTASMA, JINOTEGA, NICARAGUA

Castro Hidalgo Darling Fabiola¹, Escudero Ayala Christian René¹ y Chow Martínez Marcel²

¹Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara

²Centro de Investigación de Astrofísica y Ciencias Espaciales, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-Managua

darling.castro1666@alumnos.udg.mx

El cráter de Pantasma es una estructura de impacto de hipervelocidad con 14 km de diámetro, formada hace 804 ± 9 ka sobre rocas volcánicas del Oligoceno originalmente horizontales. El propósito de este estudio es determinar una firma geofísica que influye en la naturaleza de las estructuras de impacto complejas, ya que Pantasma presenta los atributos que sugieren la presencia de un levantamiento o pico central enterrado conformado por esquistos paleozoico y brecha polimíctica, además de una región anular en forma de anillo. Por lo tanto, se realizaron estudios magnéticos terrestres y de gravimetría satelital (base de datos GGMPLUS, con resolución de 220 m), con el fin de establecer la geometría del subsuelo, implementando algoritmos de inversión en malla tensorial y de árbol basados en gradientes. La anomalía de Campo Magnético Total exhibe un gradiente negativo. Tras remover el efecto topográfico, se observó una señal anómala central. Las anomalías de Bouguer simple y completa muestran cambios de gravedad negativa circular bien definida, con valores entre -30 y -25 mGal sobre la cavidad del cráter y un margen radial entre -5 y -15 mGal. El mapa de Gradiente Horizontal y Segunda Derivada Vertical, los valores oscilan entre -5 y -11 mGal/m y -12 hasta -20 mGal/m², manifestando fuentes anómalas profundas. Finalmente, las secciones 2D y el modelo de inversión 3D, revelaron la profundidad del cráter y la preservación de un segundo anillo vinculado con la onda de choque provocada por el impacto.

MSG-28

MODELACIÓN NUMÉRICA DE FLUJO CONVECTIVO EN MEDIOS POROSOS

Martínez Nicolás Alma¹, Flores Márquez Elsa Leticia²,
Parra Guevara David³ y Teja Juárez Víctor Leonardo⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

⁴Facultad de Ingeniería, UNAM

amn.ingpet@gmail.com

La modelación numérica de flujo de fluidos y transporte de calor por convección en medios porosos es fundamental en la caracterización de yacimientos geotérmicos y en algunos procesos de recuperación de petróleo. El estudio de este fenómeno es indispensable para comprender la evolución térmica de las formaciones geológicas que pueden contener fluidos, como: agua, vapor, gas e hidrocarburos. Además, nos ayuda a predecir el comportamiento de un sistema o yacimiento para tomar las decisiones convenientes sobre su evolución o explotación. La solución de las ecuaciones de flujo convectivo en medios porosos toma como base los modelos geométricos conceptuales que representan las condiciones geológicas de un yacimiento. Éstas pueden resolverse de manera analítica cuando el sistema es sencillo y homogéneo; sin embargo, para modelos heterogéneos y anisotrópicos, como en las condiciones geológicas reales, es necesario desarrollar códigos numéricos para solucionar dichas ecuaciones. Uno de los métodos usados es el elemento finito (Finite Element Method), el cual divide al dominio geométrico en subdominios sobre los cuales se definen funciones, se interpolan y aproximan de manera tal, que la solución aproximada converge a la solución del problema real. Los modelos de convección requieren resolver numéricamente las ecuaciones de balance de las propiedades de los fluidos (masa y energía), e incorporar las ecuaciones que representan el medio de desplazamiento, que puede ser poroso o fracturado. Con estas consideraciones se puede reproducir el comportamiento real del sistema. El objetivo de la presente investigación fue modelar numéricamente un flujo convectivo de fluido entre un medio poroso y una fractura, para lo cual fue desarrollado un programa numérico computacional que resolvió las ecuaciones que rigen este fenómeno. Se consideró un sistema geotérmico subterráneo de forma rectangular, constituido por un medio poroso heterogéneo y anisotrópico, saturado con un fluido de una sola fase. Dicho sistema está atravesado por una fractura que es representada como una zona de muy alta permeabilidad. Se realizaron varios ensayos numéricos que esquematizan condiciones geológicas reales, en los que se varía la inclinación de la fractura, así como las propiedades físicas del medio poroso y la fractura, la conductividad térmica y/o permeabilidad. Los resultados obtenidos son congruentes con modelos previos y de laboratorio, así mismo los modelos esquemáticos muestran un comportamiento esperado para los campos de temperaturas y de corrientes.

MSG-29 CARTEL

TEOREMAS DE CONVERGENCIA EN EL PROBLEMA DE CONTROL DE EMISIONES

Parra Guevara David y Skiba Yuri N.

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

pdavid@atmosfera.unam.mx

Las estrategias de control de emisiones tienen por objetivo evitar que la concentración de cada contaminante exceda la norma de la calidad del aire respectiva. Estas estrategias proponen la reducción de las tasas con que emiten las fuentes contaminantes. Para calcular dichas tasas se formulan modelos que hacen énfasis en diferentes aspectos del problema de la contaminación. En este trabajo se considera el problema de control de emisiones de corto plazo y se proponen dos estrategias con el objetivo de mantener la concentración promedio de un contaminante por debajo de la norma sanitaria correspondiente. Se propone una estrategia óptima caracterizada por beneficiar a las fuentes que tienen un menor impacto en la zona de control [1]. Es decir, para pequeños contaminantes la tasa de control respectiva tiende a estar más cerca de la tasa con que usualmente emite. También se propone una estrategia no-óptima que es una generalización de la solución del problema de control óptimo para una sola fuente de emisión [2]. Ambas estrategias se aplican después de que un modelo de dispersión predice la acumulación del contaminante hasta superar la norma sanitaria. Por tal motivo, se considera un modelo de transporte de contaminantes bien formulado en el sentido de Hadamard [3] y el respectivo modelo adjunto [4]. Las soluciones de las dos estrategias propuestas dependen de las soluciones adjuntas y se utilizan estas relaciones para mostrar teoremas de convergencia de las tasas de control hacia las tasas de emisión usuales de las fuentes contaminantes. Para la estrategia óptima la convergencia se prueba en la norma del espacio de Hilbert L_2 , mientras que para la estrategia no-óptima se muestra la convergencia uniforme. Esto significa que los controles propuestos representan tasas de emisión con una variación temporal mínima respecto de las tasas de emisión usuales de las fuentes contaminantes. Al final del trabajo se muestran ejemplos numéricos sintéticos del control de emisiones. Referencias [1] Skiba, Y. N. and D. Parra-Guevara (2020). Air quality short-term control in an industrial region under adverse weather condition. *Control Theory and Technology*, Springer. Vol. 18, No. 3, pp. 257-268. [2] Parra-Guevara, D. and Y. N. Skiba (2006). On Optimal Solution of an Inverse Air Pollution Problem: Theory and Numerical Approach. *Mathematical and Computer Modelling*, Elsevier, Vol. 43, No. 7-8, pp. 766-778. [3] Hadamard, J. *Lectures on Cauchy's Problem in Linear Partial Differential Equations*. New Heaven: Yale University Press, 1923. [4] Marchuk, G. I. *Mathematical models in Environmental Problems*. Amsterdam: North-Holland, 1986.

MSG-30 CARTEL

MODELADO EN 2D E INVERSIÓN DE ANOMALÍAS GRAVIMÉTRICAS MEDIANTE PROGRAMACIÓN EVOLUTIVA

Izaguirre Prado Omar Efraín, Soto Villalobos Roberto, Méndez Delgado

Sóstenes, Camacho González Angela Valeria, Farrera Salazar Dario,

Martínez Valades Yeslia Juliana y Cárdenas Lucio Ana Victoria

Universidad Autónoma de Nuevo León

omar.izaguirrepr@uanl.edu.mx

En el área de gravimetría, las anomalías gravimétricas son fundamentales para detectar ciertos tipos de minerales que resultan de gran interés tanto para el sector público como para el privado, ya que nos permiten identificar y conocer qué tipo de materiales o minerales se encuentran bajo la superficie. Se propone una "building block" que permite realizar modelados de manera más eficaz en comparación con las técnicas tradicionales, basándonos en figuras con geometrías básicas para la creación de esta nueva herramienta. Además, se resuelve el problema directo con el fin de obtener las anomalías gravimétricas del cuerpo de interés y se trabaja con el problema inverso para determinar parámetros como la densidad, tamaño, profundidad, entre otros, del cuerpo que provoca la anomalía gravimétrica. Al trabajar el problema inverso para obtener los parámetros de la roca encajonante que produce dicha anomalía, se optó por utilizar programación evolutiva. Esto permite ahorrar tiempo en los cálculos, aprovechando el "building block" para optimizar aún más el proceso sin comprometer la calidad de los datos obtenidos.

MSG-31 CARTEL

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y RESISTENCIA MÁXIMA DE LA SECUENCIA IGNIMBRITICA "LA ESCALERA" CON BASE EN PRUEBAS UNIAXIALES Y SIMULACIONES NUMÉRICAS

Rivera Calderón Elizabeth¹, Pola Villaseñor Antonio², Hernández Hernández Víctor Alfonso³, Castro Colín Amador¹, Sereno Villaseñor Hugo Iván¹ y Pérez Orozco Juan Daniel⁴¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM²Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM³Instituto Tecnológico del Valle de Morelia⁴ENES Morelia, UNAM

eriverac@enesmorelia.unam.mx

La resistencia máxima de las rocas es un valor muy importante en la geología aplicada en la construcción y cimentación de edificaciones, en el estudio de yacimientos geotérmicos, estudios de deslizamientos y en la construcción de

presas o embalses. En particular, son valores útiles en la construcción de modelos conceptuales y simulaciones numéricas de fenómenos naturales. En este sentido, se resalta la importancia de evaluar tanto el comportamiento mecánico como la resistencia máxima de las rocas sometidas a diferentes cargas y determinar si existe una dependencia entre las propiedades físicas. En este trabajo, se realizó la caracterización física, hídrica y mecánica de especímenes de roca de ignimbritas pertenecientes a la Caldera "La Escalera". Las muestras fueron sometidas a ensayos de compresión uniaxial utilizando la prensa de Carga de rigidez virtual infinita GDS Instruments (A division of Global Digital Systems) de 250 kN. Con base en estas pruebas se determinó la relación del esfuerzo y la deformación además de su resistencia máxima, y a partir de los resultados de laboratorio, en conjunto, se construyó una base de datos con el objetivo de identificar parámetros necesarios para la calibración de diferentes modelos numéricos. Posteriormente, se realizaron simulaciones de las pruebas uniaxiales en el software PFC2D (Particle Flow Code), este programa facilita la creación de códigos numéricos para la construcción de los especímenes mediante partículas esféricas. Dichas esferas, se comportan siguiendo las leyes mecánicas de Newton y, las ecuaciones de movimiento son resueltas mediante el Método de Elementos Discretos (DEM). Los modelos obtenidos en PFC2D son verificados con los resultados de laboratorio y comparados mediante gráficas de esfuerzo-deformación. En este trabajo, se encontró una relación directa de las propiedades físicas (e.g. porosidad, densidad, el tamaño de las partículas, la textura de la roca y la disposición de su red de fracturas) con las propiedades mecánicas (e.g. Módulo de Young, Radio de Poisson, ángulo de fricción interna y Cohesión) y su resistencia máxima a la compresión uniaxial. El estudio en su conjunto permite determinar la dependencia y sensibilidad de microparámetros físicos de los especímenes de roca de ignimbrita en las simulaciones numéricas.

Sesión regular

OCEANOGRAFÍA COSTERA

Organizadores

Braulio Juárez Araiza
Héctor García Nava
Amaia Ruiz de Alegría Arzaburu
Christian Appendini
Isaac Rodríguez Padilla

OCC-1

CAMBIOS DE RÉGIMEN EN UN ESTUARIO DE APORTE REDUCIDO

Juárez Braulio, Rodríguez-Padilla Isaac, García-Nava Héctor, Ruiz-de-Alegría Arzaburu Amaia, Carsolio-Priego Ernesto y Galaviz-López Juan Manuel
Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC
braulio.juarez@uabc.edu.mx

Los estuarios de aporte reducido se encuentran ubicados en regiones semiáridas y presentan una estacionalidad en su hidrografía. En época de lluvias tienen un flujo reducido de agua dulce y pueden exhibir un gradiente positivo de densidad, aumentando hacia la entrada, con una salinidad menor a la oceánica. En época de verano (seca), están sujetos a calentamiento y altas tasas de evaporación que aumenta la salinidad de forma paulatina. La temperatura tiene una mayor influencia sobre la densidad cuando el contraste térmico es mayor que el gradiente de salinidad. En un estuario termal el contraste térmico domina sobre los cambios de salinidad promoviendo un gradiente de densidad propio de un estuario positivo incluso en condiciones de hipersalinidad, donde la salinidad aumenta hacia la boca. Estos cambios de régimen han sido poco documentados y aún se desconocen las escalas de tiempo de su ocurrencia. Este trabajo presenta evidencia de un cambio de régimen en el Estero de Punta Banda, un estuario termal durante verano y positivo en temporada de lluvias. Se colectaron datos hidrográficos de CTD y datos de velocidad del agua utilizando un perfilador acústico de corrientes. Utilizando modelos analíticos y números adimensionales se confirma que la dinámica del estuario está dominada por el gradiente de densidad con influencia de la advección mareal. Estas nuevas observaciones contrastan con registros anteriores que se tienen en el área de estudio donde el sistema presentaba gradientes de densidad propios de sistemas hipersalinos inversos.

OCC-2

FLUJOS Y TIEMPOS DE RESIDENCIA EN BAHÍA SAN QUINTÍN UTILIZANDO UN MODELO NUMÉRICO

Solorza Rodríguez Víctor Daniel¹, Flores Morales Ana Laura² y Parés Sierra Alejandro F.¹

¹División de Oceanología, CICESE

²Facultad de Ciencias Marinas, UABC
victorsolorza2000@gmail.com

La Bahía de San Quintín (BSQ) es una laguna costera ubicada en Baja California, México. En este trabajo se analiza la hidrodinámica de BSQ utilizando el modelo numérico FVCOM, que cuenta con una malla no estructurada y de alta resolución, forzado con marea. Este modelo permite estudiar con mayor exactitud la circulación en la zona costera. Se analizan las corrientes superficiales, así como los transportes de masa en la boca de la laguna y en el canal profundo. Para evaluar el nivel de intercambio de agua dentro de BSQ, se implementó un modelo Lagrangiano y se estimaron los tiempos de residencia. Los resultados muestran que las corrientes superficiales más intensas, durante los momentos de inundación y reflujo, se dan principalmente en los canales profundos, donde las velocidades alcanzan aproximadamente 1 m/s, disminuyendo hacia las zonas más someras. También se observa la formación de remolinos fuera y dentro de la laguna en los momentos de transición de la marea. En la boca de la laguna, se estimaron flujos de entrada de hasta ~2000 m³/s de agua oceánica. La batimetría juega un papel muy importante en el patrón de circulación e intercambio de agua, siendo los canales profundos los principales trayectos donde convergen las corrientes, y los bancos de arena, las áreas donde se retienen las partículas.

OCC-3

RESPUESTA DE LA CIRCULACIÓN SUBMAREAL A FORZANTES METEOROLÓGICAS EN UN ESTUARIO TROPICAL

Villegas Rodríguez Elisa¹, Juárez Araiza Braulio², Vargas Hernández José Mauro³, Rodríguez Padilla Isaac² y Valle Levinson Arnoldo⁴

¹Facultad de Ciencias Marinas, UABC

²Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC

³Departamento de Física, Universidad Nacional de Costa Rica

⁴Universidad de Florida

elisa.villegas@uabc.edu.mx

La circulación submareal típica en los estuarios tropicales es gravitacional y puede modificarse cuando su magnitud es mayor que el gradiente baroclínico. El estuario Laguna Madre de Dios, situado en la costa del Caribe central de Costa Rica, está influenciada por dos ríos: el Pacuare y el Madre de Dios. La descarga del río Pacuare está mayormente influenciada por la estacionalidad del Valle Central de Costa Rica. La región del Valle Central presenta una temporada de lluvias de agosto a noviembre, con precipitación máxima de septiembre a octubre, y una estación seca de diciembre a marzo; siendo este último el mes más cálido y seco. El río Madre de Dios responde a la estacionalidad del Caribe con un patrón opuesto a la del Valle Central. Un ADCP anclado en el canal principal del estuario colectó datos de corrientes durante la época seca y lluviosa de la vertiente Pacífica. Posteriormente, un filtro pasa-baja con una frecuencia de corte de 30 horas removió los efectos inerciales y mareales para analizar corrientes submareales. La circulación submareal presentó un flujo de salida en toda la columna de agua en los días de precipitación máxima en la costa Caribe. El flujo submareal presentó inversiones de la circulación gravitacional no asociadas a lluvias durante la época seca.

OCC-4

DINÁMICA TERMOHALINA DE LA REGIÓN DE TRANSICIÓN DEL SISTEMA DE LA CORRIENTE DE CALIFORNIA FRENTE A LAGUNA SAN IGNACIO (BCS)

Villa Guerrero Arantxa¹, Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia², Enríquez Ortiz Cecilia¹, Juárez Araiza Braulio², Durazo Reginaldo¹ y Hernández Ayón José Martín²

¹Universidad Autónoma de Baja California

²Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC

³Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Mérida, UNAM

arivg1992@gmail.com

La región marina frente a laguna San Ignacio, en Baja California Sur, está estacionalmente influenciada por masas de agua con características físicas contrastantes. En esa zona confluyen el flujo frío de agua subártica, que se dirige hacia el ecuador y se caracteriza por su baja salinidad y altas concentraciones de oxígeno, y los flujos más cálidos de aguas tropicales y subtropicales, que se dirigen hacia el polo y presentan menores concentraciones de oxígeno y salinidad más alta. Este trabajo investiga la variabilidad termohalina en la columna de agua de esa región oceánica. Para ello, se analizaron 15 años de perfiles de temperatura y salinidad de diferentes profundidades (80, 350 y 1000 m), medidos entre 2000 y 2015 por el programa IMECOCAL, correspondientes a las estaciones de un transecto perpendicular a la costa (130) y las estaciones más costeras al norte y sur (127 y 133) en la región adyacente a laguna. En ese periodo se identificaron siete eventos de mediana e intensa variabilidad asociados a ENSO (El Niño Southern Oscillation). A lo largo del transecto 130 se presentan anomalías positivas de temperatura, más intensas en las estaciones oceánicas durante eventos El Niño (> 1°C), y anomalías negativas (> 4°C), más intensas en las estaciones costeras durante La Niña, el cual es un patrón que se mantiene hasta los 50 m de profundidad. Además, la anomalía de salinidad mostró una distribución similar tanto en estaciones costeras como oceánicas en la capa superficial (~ 80 m), también modulada por el cambio de fase de los eventos en todo el transecto. Mientras que la anomalía de la temperatura mostró una atenuación en su distribución en la capa superficial

desde las estaciones intermedias (350 m de profundidad). Adicionalmente, se obtuvo la temperatura superficial del mar de imágenes MODIS diarias para el periodo del 2003 al 2015, que posteriormente se relacionó con diferentes índices climáticos. Resultados del análisis de FEOs de la temperatura superficial muestra que los máximos de temperatura fueron durante los eventos más intensos de ENSO, e indicaron que estos son más intensos cerca de la costa, atenuándose hacia mar abierto. Por otro lado, el análisis de coherencia entre la temperatura superficial y los índices climáticos mostró una dominancia de ENSO, sugiriendo una fuerte covariabilidad con un periodo de 16 meses, y que el cambio en la temperatura superficial del Pacífico central se refleja en la región de estudio aproximadamente 8 meses después. Este trabajo muestra que existe alta variabilidad hidrográfica en el océano frente a de Laguna San Ignacio, influenciada por la anomalía climática interanual de ENSO, la cual se espera tenga un efecto en el intercambio de masas de agua entre el océano y la laguna hipersalina.

OCC-5

CIRCULACIÓN EN EL SISTEMA LAGUNAR BAHÍA MAGDALENA-BAHÍA ALMEJAS FORZADO POR MAREAS – PARTE 1

Rodríguez Mergalejo Susana Abigail¹, Parés Sierra Alejandro¹ y Flores Morales Ana Laura²

¹División de Oceanología, CICESE

²Universidad Autónoma de Baja California

srodriguez@cicese.edu.mx

Se describe el patrón de circulación en el sistema lagunar Bahía Magdalena-Bahía Almejas con el océano adyacente a través de un modelo de malla no estructurada, FVCOM (Finite Volume Community Ocean Model) bajo el forzamiento de mareas. Con los resultados de las simulaciones del modelo se describió la circulación dentro del sistema lagunar para un ciclo de marea y se analizó el movimiento de las partículas a través de trayectorias lagrangianas. Se encontró que la circulación en el sistema lagunar está afectada por la fricción de fondo y el efecto geométrico del límite de costa provocando una circulación residual responsable del transporte de masa e intercambio con el océano adyacente.

OCC-6 PLÁTICA INVITADA

CIRCULACIÓN EN EL SISTEMA LAGUNAR BAHÍA MAGDALENA-BAHÍA ALMEJAS FORZADO POR MAREAS – PARTE 2

Parés Sierra Alejandro¹, Rodríguez Mergalejo Susana¹ y Flores Morales Ana Laura²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE

²UABC

apares@cicese.mx

Se implementó el modelo de malla no estructurada FVCOM para analizar la circulación en el sistema lagunar Bahía Magdalena-Bahía Almejas, en este trabajo se presentan resultados de tiempo de residencia a partir de trayectorias Lagrangianas y estadística Markoviana. Se describe la morfología dinámica del sistema, así como las zonas de tránsito preferencial utilizando ambos procesos. Se relacionan estas características con la geometría-batimetría del sistema, así como con la circulación subyacente e intensidad del llamado "flushing time".

OCC-7

ANÁLISIS DIARIO DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS Y CAMBIOS TOPOGRÁFICOS EN LA ZONA INTERMAREAL DE UNA PLAYA ARENOSA DURANTE CONDICIONES DE OLEAJE DÉBIL A MODERADO

Rodríguez-Padilla Isaac¹, Ruiz de Alegría-Arzaburu Amaia¹ y Mariño-Tapia Ismael²

¹Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC

²Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Mérida, UNAM

isaac.rodriguez.padilla@uabc.edu.mx

Las playas arenosas dominadas por el oleaje típicamente experimentan rápida erosión durante eventos de alta energía (e.g., tormentas invernales) y lenta acreción en condiciones de baja energía del oleaje (e.g., verano). Este ciclo de erosión y acreción está principalmente determinado por la interacción entre la corriente de resaca, que transporta sedimentos hacia el mar durante condiciones de oleaje intenso, y las olas asimétricas, que promueven el transporte hacia la costa en condiciones de oleaje más tranquilo. Comprender estos procesos es esencial para predecir y gestionar la respuesta morfológica de la playa, especialmente en el contexto del cambio climático y el aumento del nivel del mar. En este trabajo se describen los principales procesos físicos vinculados con la recuperación y erosión de una playa arenosa bajo condiciones de baja a moderada energía del oleaje incidente ($H_s = 0.4 - 1.3$ m). La zona de estudio, Playa Barra del Estero, abarca una pequeña sección de playa (200 m de ancho) situada sobre la barra arenosa del Estero de Punta Banda (Ensenada, Baja California), expuesta constantemente a oleaje incidente del Pacífico. Se presenta el análisis diario del transporte de sedimentos y los cambios topográficos en la zona intermareal de Playa Barra del Estero a partir de mediciones de campo y predicciones de modelos realizados del 10 al 16 de junio de 2016. Este estudio destaca la dinámica compleja del transporte

de sedimentos tanto en dirección transversal como longitudinal, y su impacto en los cambios volumétricos de la playa en escalas temporales que van de horas a días.

OCC-8

PARAMETRIZACIÓN DE PROCESOS HIDRODINÁMICOS EN LA ZONA DE ROMPIENTES EN UNA PLAYA NATURAL

Alonso Hernández Leonardo¹, Torres Freyermuth Alec², Medellín Mayoral Gabriela², Wang Ping³, Pintado Patiño José Carlos³ y Louise Franklin Gemma⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, Instituto de Ingeniería, UNAM

³Coastal Research Lab., School of Geosciences, University of South Florida

⁴Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Mérida, UNAM

leoalonso9612@comunidad.unam.mx

La zona de rompientes se caracteriza por la disipación de la energía del oleaje, generación de corrientes, y el transporte de sedimento en playas. Estudios previos proponen modelos paramétricos para estimar estos procesos a partir de mediciones de campo y laboratorio. Sin embargo, estas parametrizaciones son específicas de cada sitio. En este trabajo se realizó una campaña de campo en la playa Sisal (Yucatán) para realizar mediciones de viento, oleaje, nivel medio del mar, corrientes, runup, concentración de sedimentos en suspensión, y transporte litoral de sedimentos. A partir de las mediciones se caracterizó la hidrodinámica y el transporte de sedimentos dentro de la zona de rompientes y se evaluaron los modelos y parametrizaciones existentes. Se obtuvo un índice de rotura de 0.3 y fue estimado un coeficiente de fricción del fondo de 0.07 a partir de las mediciones de oleaje y corrientes, respectivamente. El runup fue estudiado mediante una cámara de video y se calibró una parametrización hiperbólica para calcular el runup 2%. El transporte litoral de sedimentos en la columna de agua y su distribución a través de la zona de rompientes fue estudiado utilizando trampas de arena. Una disminución casi logarítmica del transporte de sedimentos del fondo marino hacia la superficie del agua fue encontrada. La distribución del transporte litoral a través de la zona de rompientes no fue uniforme, presentando picos en la zona de Swash y en el punto de rotura del oleaje. Buenas estimaciones del transporte litoral fueron encontradas con los coeficientes promedios calculados ($\alpha=1.3913$ y $k=0.8829$) a partir de las mediciones realizadas con trampas de arena. Agradecemos el apoyo financiero por parte del Instituto de Ingeniería de la UNAM a través de los Grupos Interdisciplinarios de Investigación. El primer autor agradece el apoyo recibido por el CONAHCYT para realizar sus estudios de posgrado. Agradecemos a los estudiantes, técnicos y académicos del Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros (LIPC) y a las estudiantes Libby y Sophia, de University of South Florida, por su participación y apoyo en la campaña de campo realizada en la playa de Sisal en mayo de 2023.

OCC-9

POSIBLES ESCENARIOS DE MAREA DE TORMENTA EN LA COSTA DE JALISCO POR EVENTOS EXTREMOS

Romero Torres Andres¹, Velázquez Muñoz Federico Ángel¹,

Filonov Anatoliy¹ y Azofeifa Chaves Danalíe de los Angeles²

¹Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara

²Consultoría ambiental SYCEC

andres.romero3089@alumnos.udg.mx

El cambio climático y el calentamiento global tienen entre sus consecuencias el aumento del nivel medio del océano y la rápida intensificación de los ciclones tropicales, respectivamente. Una de las consecuencias de los ciclones tropicales, es la marea de tormenta, la cual es la combinación de la marejada ciclónica y de la marea astronómica, que puede generar fuertes inundaciones, si es que la marejada ciclónica es muy alta a causa de los fenómenos mencionados. La marejada ciclónica es el resultado del empuje de los vientos a causa del ciclón tropical sobre el agua superficial del océano por donde el huracán se desplaza. Este estudio busca determinar a través de la modelación matemática del software ADCIRC, tomando en cuenta los principales aspectos que caracterizan a un ciclón tropical cuál de estos es el que tiene una mayor relevancia para dicho aumento temporal del nivel del océano y su relación con el cambio climático y calentamiento global. La manera en que se determina la relevancia de cada aspecto es mediante la variación de estos, en valores proporcionales a los que se presentaron con el ciclón tropical, el cual es un huracán de categoría 5, y también tomando en cuenta valores extremos del mismo o bien de algún otro que haya generado grandes estragos al tocar tierra. Las áreas de estudio elegidas son con base en la importancia poblacional, turística y por ende económica de la costa de Jalisco, que hace relevante conocer las posibles afectaciones, para elaborar planes de contingencia y así salvaguardar a la población.

OCC-10

METODOLOGÍA PARA LA MODELACIÓN NUMÉRICA DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI: CASO DE ESTUDIO ACAPULCO, GUERRERO

Vera Rodríguez Luis Enrique¹ y Gómez Ramos Octavio²¹Facultad de Ingeniería, UNAM²Instituto de Geofísica, UNAM

enrique34vera@gmail.com

México se encuentra en una de las regiones de mayor sismicidad en el mundo, donde interactúan cinco placas tectónicas. Durante el último siglo, los sismos de mayor magnitud se han originado en la zona de subducción mexicana, y varios de ellos han provocado tsunamis. Una de las áreas de interés y preocupación es la brecha sísmica extendida de Guerrero, debido a la ausencia de grandes sismos desde 1957. La posibilidad de que se rompa toda la brecha sísmica es incierta, pero algo plausible podría traducirse en un sismo $M_w \geq 8.0$ capaz de generar un tsunami. Tal escenario pone en riesgo a la región de Acapulco, que es reconocida como una de las más turísticas en México, con un gran número de habitantes e importante infraestructura portuaria. El objetivo de este trabajo es desarrollar una metodología basada completamente en software libre para la modelación numérica de inundación por tsunami, la cual incluya la integración de diversas fuentes de información batimétrica y topográfica de alta resolución, su uso en la ejecución de los modelos numéricos GeoClaw y JAGURS, y la visualización de los resultados en mapas, de tal modo que dicha información pueda ser utilizada como base para el diseño de rutas y planes de evacuación. La modelación numérica de tsunamis es una descripción matemática y computacional basada en las ecuaciones de aguas someras, que ha demostrado ser útil en la estimación de los efectos que un tsunami puede ocasionar, generalmente en el peor de los escenarios. Por medio de software libre SIG, se elabora un modelo batimétrico/topográfico de alta resolución para la región de Acapulco, que es un elemento clave en la modelación numérica de tsunamis. Además, se detalla la compilación y ejecución de ambos modelos numéricos. Una simulación del tsunami de Acapulco de 2021, usando GeoClaw y JAGURS, principalmente refleja una sobreestimación de la amplitud del tsunami en comparación con el registro del nivel del mar de la estación mareográfica en Acapulco. Por otro lado, la simulación de un tsunami hipotético en la brecha sísmica extendida de Guerrero sugiere tiempos de arribo de alrededor de diez minutos para la región de Acapulco, grandes alturas de inundación en la bahía de Acapulco y Laguna Tres Palos, y líneas de inundación de al menos 300 [m] tierra adentro. Una simulación de tsunami permite estimar los efectos que este fenómeno puede provocar, de tal manera que se establezcan estrategias y planes de acción para salvaguardar la vida de las personas. El presente trabajo exhibe la necesidad de contar con una modelación adecuada de la fuente sísmica y una batimetría/topografía de alta resolución. Un procedimiento creado a partir de software libre resulta una gran alternativa, capaz de ofrecer resultados de calidad. La historia sísmica en México en el último siglo revela la alta probabilidad de que grandes tsunamis afecten las costas occidentales del Pacífico mexicano, lo cual requiere mayores esfuerzos en inversión, investigación y la colaboración con autoridades de gobierno e instituciones.

OCC-11

RESONANCIA PRODUCIDA POR UN TSUNAMI A LO LARGO DEL MARGEN SUDORIENTAL DEL OCÉANO PACÍFICO

Galván Ramos Daniela Rubí¹, Juárez Braulio² y Aguilar Tepole Nemesio³¹Facultad de Ciencias Marinas, UAABC²Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UAABC³Universidad Politécnica de Baja California

rubi.galvan@uaabc.edu.mx

Los tsunamis son ondas gravitatorias oceánicas de largo periodo que se caracterizan por el desplazamiento de un gran volumen de masas de agua. El 15 de enero de 2022 la erupción del volcán submarino Hunga-Tonga provocó perturbaciones en la atmósfera y el océano. En el océano, estas perturbaciones generaron un tsunami que impactó las costas del Pacífico Oriental produciendo resonancia en cuerpos costeros distribuidos a lo largo del margen continental. Este trabajo tiene como objetivo analizar y describir las perturbaciones en el nivel del mar asociadas a la erupción del volcán. Se utilizaron datos del mes de enero del 2022 de nivel de agua, que fueron medidas en 39 estaciones distribuidas a lo largo del margen continental de Centroamérica y Sudamérica. Los efectos del tsunami se analizaron a partir del residual calculado después de remover la marea astronómica de los datos de nivel del agua de cada estación. Un análisis espectral mostró una mayor energía en bandas de frecuencia donde se produjo la resonancia generada en cada una de las estaciones. En la mayoría de las estaciones el periodo de resonancia fue de 2 horas, siendo la estación "La Punta" en Perú, ubicada a los 12°S, la que mostró una mayor energía producida por el tsunami. En estaciones como "Buenaventura", Colombia, el periodo natural de oscilación coincide con el periodo de mayor energía en análisis espectral reportado en trabajos anteriores. El estudio de los tsunamis generados por perturbaciones oceánicas contribuye al conocimiento de su propagación y de los impactos que generan en las zonas costeras como en los puertos. Este tipo de conocimiento puede ser de utilidad en actividades de mitigación y protección costera.

OCC-12

SOBRE LA TURBULENCIA DE UNA ONDA SOLITARIA QUE SE PROPAGA SOBRE UN PLANO INCLINADO

Hernández Olivares Aldo Omar, Torres Freyermuth Alec y Rendón Valdez Camilo Sergio

Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, UNAM, Unidad Sisal, Yucatán

aldoolivares770@gmail.com

Se realizaron ensayos de laboratorio en el canal de oleaje del Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros (LIPC) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), unidad académica Sisal Yucatán. El objetivo fue caracterizar la turbulencia asociada a la propagación de una onda solitaria sobre un lecho de fondo móvil. El canal de olas tiene dimensiones de 40 m largo, 1.27 m de alto y 0.8 m de ancho. La onda se generó con una altura H de $0.265 \text{ m} \pm 0.008 \text{ m}$ para cuatro diferentes niveles de agua (h): 0.505 m; 0.455 m; 0.405 m y $h=0.305 \text{ m}$. La onda incidió sobre una playa de arena (plano inclinado) con una altura inicial de 0.235 m y una longitud de 1.500 m, propagándose hasta su rompimiento al final de la playa con una altura final de 0.570 m. Dos velocímetros acústicos de alta frecuencia (Vectrino Profiler Nortek) fueron colocados al pie de la playa por 0.294 m y localizados a 0.065 m del fondo, logrando obtener un perfil vertical de aproximadamente 0.025 m de las componentes u , v , y w de velocidad del flujo inducido por la onda incidente. Se analizó la turbulencia de capa límite por interacción de un flujo con fondo móvil en dos posiciones distintas, estimando los Esfuerzos de Reynolds (ER) asociados, y comparando sus valores con aproximaciones que consideran la energía cinética turbulenta o la intensidad de una o más componentes turbulentas de la velocidad, así como también la Tasa de Disipación de Energía Cinética Turbulenta (TDECT). La TDECT (representativa a la intensidad o cantidad de turbulencia) fue calculada empleando una relación de isotropía local, comparando sus valores con aquellos valores resueltos mediante la "Ley de la Pared" ("LP") y aquellos estimados a través del mecanismo de producción de turbulencia por corte vertical en la velocidad de flujo medio. Adicionalmente, a partir de la TDECT se determinaron las microescalas de Taylor longitudinal y vertical. Se encontró que las diversas aproximaciones a los ER reproducen adecuadamente sus valores, independientemente de la existencia de un balance o estacionalidad en la turbulencia, y de la profundidad medida. El balance o cuasi balance en la turbulencia fue identificado al obtener valores aproximados o de un mismo orden entre la TDECT y el mecanismo de producción. También, la "LP" reproduce adecuadamente los valores de la TDECT, constatando la presencia de una capa límite. Una relación de proporcionalidad entre las microescalas de Taylor longitudinal y vertical evidencia la presencia isotropía local en la turbulencia. Por último, para los dos casos con menor h , los ER alcanzan valores máximos para la segunda posición de medición i.e. a mayor incidencia de la onda en la playa, mientras que, para los casos restantes el cambio en la intensidad de los ER no es significativo. Este trabajo fue desarrollado con el apoyo del CONAHCYT a través del programa de estancias posdoctorales por México.

OCC-13

FLUJO DE MOMENTO ENTRE EL OCÉANO Y LA ATMÓSFERA

Ocampo Torres Francisco Javier¹, Villarreal Olavarrieta Carlos Eduardo¹,Herrera Vázquez Carlos Francisco¹, Esquivel Trava Bernardo², GarcíaNava Héctor², Osuna Pedro¹ y Díaz Méndez Guillermo Mauricio³¹CICESE²UABC-IO

ocampo.torres@cicese.mx

A partir de mediciones directas del oleaje y las fluctuaciones turbulentas del viento, se estudia el efecto del oleaje en el flujo vertical de momento horizontal entre el océano y la atmósfera. Las mediciones se adquirieron con boyas oceanográficas y de meteorología marina (BOMM) durante un experimento piloto (intOA-GM) para el estudio de las interacciones entre el océano y la atmósfera, como parte de las actividades del CIGoM (CONACYT-SENER-Hidrocarburos 201441). Se analizan los resultados que se obtienen ante la presencia de al menos dos sistemas de oleaje, especialmente cuando se presentan frentes atmosféricos. Es común que la dirección del esfuerzo del viento no coincide con la dirección promedio del viento. Se aborda la posible influencia del oleaje, además del potencial efecto en las corrientes superficiales.

OCC-14

TENDENCIAS DEL CALENTAMIENTO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DEL GOLFO DE CALIFORNIA (GC) ENTRE 1982 Y 2022: UN ANÁLISIS BASADO EN IMÁGENES SATELITALES

Jamet Ardiles Ivan Alfonso¹, Ávalos Cueva David¹ y Sánchez Cabeza Joan Albert²¹Universidad de Guadalajara²UNAM

ivan.jamet3088@alumnos.udg.mx

El calentamiento global, debido al cambio climático reciente, no es homogéneo en el planeta. El objetivo de este trabajo fue identificar y evaluar las tendencias de calentamiento en las aguas superficiales del GC. Para ello, se analizaron series temporales de temperatura superficial del mar (SST, por sus siglas en inglés) en

el Golfo de California (GC) utilizando datos diarios nocturnos del sensor NOAA/AVHRR, desde enero de 1982 a diciembre de 2022. Los datos fueron filtrados para evitar el efecto de la presencia de nubes con un método diferencial. Con estas series temporales se estimaron tasas de incremento de temperatura en todo el GC. Más del 50% de los puntos estudiados muestran una tasa de aumento de la SST de al menos 0.2 °C por década, en línea con el incremento observado en la temperatura superficial de los océanos a nivel global. Sin embargo, en algunas zonas se detectaron tasas de calentamiento menores, atribuible a la batimetría y procesos oceanográficos que favorecen la mezcla vertical, transportando aguas más frías a la superficie y mitigando su calentamiento. En conjunto con otras variables (profundidad, distancia a la costa y latitud) se propondrá una regionalización del GC que pretenda ser una herramienta útil para la gestión y conservación de los ecosistemas marinos en la región. La identificación de zonas con distintas tasas de incremento de temperatura subraya la complejidad de los procesos oceanográficos en el GC y la necesidad de un monitoreo continuo para evaluar los posibles impactos del cambio climático en los ecosistemas críticos.

OCC-15

ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DEL FITOPLANCTON EN BAHÍA DE BANDERAS, JALISCO–NAYARIT, DURANTE LA TEMPORADA SECA

Cupul-Velázquez Ana Mercedes, Vega-Villasante Fernando, Cortés-Lara María del Carmen, Fuentes-Arreazola Mario Alberto, Guerrero-Galván Saúl Rogelio y Cupul-Magaña Amílcar Levi

Universidad de Guadalajara, CUCosta-UdG
anacupul@gmail.com

La composición del fitoplancton en Bahía de Banderas está influenciada por la variabilidad oceanográfica de la región, aunque existen pocos estudios que analicen los factores determinantes de esta variabilidad. Este estudio tuvo como objetivo identificar la comunidad de fitoplancton en la bahía y las variables ambientales que más afectan su composición. En febrero de 2022, se realizaron muestreos en dos áreas de la bahía, midiendo variables como temperatura, salinidad, densidad, pH, oxígeno disuelto y saturación de oxígeno. Se recolectaron muestras de agua tanto de la superficie como del fondo para analizar la presencia de fitoplancton, nutrientes y pigmentos. Se identificaron 214 especies, incluyendo 113 dinoflagelados, 88 diatomeas, y otras especies de fitoplancton. La abundancia celular osciló entre 1.17×10^4 y 3.17×10^5 cél·L⁻¹. En la costa norte, predominaron los dinoflagelados *Prorocentrum gracile*, *Alexandrium tamiyavanichii*, *Margalefidinium polykrikoides* y *Scrippsiella acuminata*, además de la cianobacteria *Merismopedia punctata* y el ciliado *Myrionecta rubra*. En la costa sur, las diatomeas *Leptocylindrus danicus*, *Guinardia striata* y *Chaetoceros compressus* fueron las más comunes. Se registró una alta diversidad de especies en ambas áreas ($H' = 2.62 - 4.69$ bits), con condiciones de mezcla en la columna de agua. La temperatura y la salinidad resultaron ser las variables ambientales más relacionadas con la estructura y abundancia del fitoplancton en Bahía de Banderas.

OCC-16

MODELACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN CAUSADA POR EL CULTIVO EN JAULAS DE PECES MARINOS EN EL CASO DE BAHÍA DE NAVIDAD, JALISCO, MÉXICO

Filonov Anatoliy¹, Ávalos Cueva David¹, Pantoja-González Diego Armando¹, Tereshchenko Irina¹, Barba-López María del Refugio¹, Godínez-Domínguez Enrique², Vasiliev Maxim³, Monzón César Octavio¹ y Flores-Chávez Edgardo¹

¹ Universidad de Guadalajara, CUCEI

² Universidad de Guadalajara, CUSUR

³ Investigador independiente, Toronto, Canada

fian1942@gmail.com

Bahía de Navidad no es sólo un área de importancia ambiental, sino también un destino turístico de gran relevancia, y cualquier actividad en la zona requiere una cuidadosa consideración de sus impactos tanto ambientales como económicos. A finales de 2006, una cooperativa pesquera de Bahía de Navidad, Jalisco, recibió apoyo para instalar una jaula flotante para criar peces marinos en la parte noroeste de la bahía. Si bien la acuicultura en zonas costeras poco profundas representa una importante oportunidad económica, también conlleva el riesgo de impactos ambientales adversos, especialmente en ecosistemas sensibles. La proximidad de estas células a la costa aumenta la probabilidad de que los desechos resultantes, como restos de comida y heces de pescado no consumidos, tengan un impacto negativo en el fondo marino y la calidad del agua de la bahía. Este estudio se realizó para evaluar exhaustivamente los posibles impactos ambientales de la instalación de una jaula flotante, utilizando modelos numéricos avanzados para simular la dispersión de partículas desde la jaula hasta el fondo marino. Se utilizó el modelo numérico Delft3D para simular procesos hidrodinámicos complejos y dispersión de partículas en un entorno acuático. En particular, se utilizaron los módulos FLOW y PART para calcular el campo de velocidades tridimensional y modelar la trayectoria y la sedimentación de partículas de desechos, respectivamente. Las simulaciones se llevaron a cabo en condiciones realistas, incluidos vientos medios horarios y cuatro armónicos de marea principales, para reproducir con precisión las condiciones naturales en Bahía de Navidad. Los resultados mostraron que los escombros generados por la célula flotante forman una columna alargada de partículas que se propaga paralelamente a la costa bajo la influencia de las corrientes locales y las condiciones hidrodinámicas. Esta columna, aunque limitada,

tiene implicaciones importantes para la salud del ecosistema de la Bahía. La longitud de la columna es relativamente pequeña en comparación con el área total de la bahía, aproximadamente 250 veces menos. Sin embargo, la concentración de partículas depositadas disminuye exponencialmente con la distancia a la célula, lo que sugiere que la exposición más significativa ocurre directamente debajo de la estructura del cultivo. Este modelo de dispersión es fundamental para identificar áreas de mayor vulnerabilidad y desarrollar estrategias de mitigación efectivas. Este estudio destaca la necesidad de un seguimiento continuo y la implementación de prácticas de gestión sostenible que minimicen los impactos negativos de la acuicultura en los entornos costeros y las actividades turísticas. La ubicación adecuada de las jaulas flotantes y la implementación de tecnologías de reducción de desechos pueden ser importantes para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de estas operaciones en Bahía de Navidad y otras regiones costeras similares. Además, los resultados de este estudio proporcionan una base científica sólida para tomar decisiones informadas en el manejo de la acuicultura y preservar la salud ambiental y turística de la bahía.

OCC-17

VARIABILIDAD DE LA DENSIDAD EN VERANO EN BAHÍA DE LA PAZ, GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO

Obeso-Nieblas Maclovio y Galván-Magaña Felipe

Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN
mniebla@ipn.mx

Se describe la anomalía de densidad en la bahía, con base en muestreos realizados en septiembre (verano) de siete años, con referencia a 1993 un año considerado como normal, según el Índice Oceánico de El Niño (ONI). En este período se registró un calentamiento anómalo muy fuerte en 2015 y un enfriamiento anómalo fuerte en 2010, tres calentamientos débiles 2006, 2009 y 2018, el paso de un huracán categoría 2 en 2006 y un período normal en 2017. Durante el calentamiento importante de 2015 (El Niño muy fuerte ONI = 2.2) se registró una importante disminución de la densidad en la columna de agua hasta los 359 m, con una anomalía de sigma-t negativa hasta el fondo, con un valor superficial de -0.703 kgm⁻³, la mayor diferencia a los 31 m de profundidad con -0.902 kgm⁻³. En el enfriamiento significativo de 2010 (La Niña fuerte ONI = -1.6) se midió un considerable aumento de la densidad en la columna de agua hasta los 267 m de profundidad, con una anomalía de sigma-t positiva hasta esta profundidad, con un valor superficial de 0.372 kgm⁻³, y la mayor diferencia a los 37 m con un valor de 1.213 kgm⁻³. Para 2006 iniciaba (El Niño débil ONI = 0.5) y el efecto de un huracán de categoría 2 según Saffir-Simpson, causaron un aumento de la densidad hasta los 201 m de profundidad, con una anomalía de sigma-t positivo superficial de 0.186 kgm⁻³, y la máxima diferencia a los 36 m con un valor de 1.147 kgm⁻³. En 2009 con la presencia de (El Niño débil ONI = 0.7), se aprecia una disminución de la densidad que generó una anomalía de sigma-t negativa en la superficie con un valor de -0.037 kgm⁻³, con el efecto principal a los 83 m con un valor de sigma-t negativo de -0.227 kgm⁻³. Para 2018 iniciaba (El Niño débil ONI = 0.5) y su efecto se registró en la capa superficial con una anomalía de sigma-t negativa de -0.183 kgm⁻³ y su mayor efecto se localizó a los 9 m con un valor de sigma-t negativo de -0.239 kgm⁻³. Entre tanto, para 2017 considerado como un período normal (ONI = -0.4) se aprecia un comportamiento relativamente similar a 1993, con pequeñas anomalías negativas en la mayor parte del perfil, excepto entre los 110 y 175 m donde las anomalías fueron positivas. Se puede resaltar que El Niño muy fuerte de 2015 afectó la columna muestreada hasta los 359 m, mientras que La Niña fuerte solo afectó hasta la profundidad 267 m, mientras que un huracán de categoría 2, puede producir en esta bahía un efecto muy similar al de La Niña fuerte.

OCC-18 CARTEL

PERSPECTIVA DE UN POTENCIAL ENERGÉTICO: GRADIENTE TÉRMICO EN OTOÑO EN BAHÍA DE LA PAZ Y LA ZONA OCEÁNICA ADYACENTE

Obeso-Nieblas Maclovio y Galván-Magaña Felipe

Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN
mniebla@ipn.mx

La Conferencia COP28 de 2023 reconoce que las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero deben reducirse 43% para 2030, con relación a 2019, para limitar el calentamiento global a 1.5 °C. Considerando, que la población mundial el 11 de agosto de 2024 fue 8 170 003 275 habitantes y según el crecimiento registrado se espera que para julio del año 2050 sea 9,664,378,587, con un consumo actual de energía de aproximadamente 85 x 1012 kWh. Para el 2050 este consumo se estima se triplicará, por tanto, la economía y la población mundial requerirán cada vez de mayores cantidades de energía para su crecimiento. Según la Agencia Internacional de Energías Renovables estima que el 90 % de la electricidad mundial puede y debe tener su origen en las energías renovables para el año 2050. Por lo anterior, se hace necesario la búsqueda de fuentes de energía renovable y, recordemos que los océanos cubren alrededor del 71% de la superficie terrestre, esta agua retiene aproximadamente el 15% del total de la energía solar como energía térmica. Este tipo de energía se concentra en la parte superficial del agua de mar y va disminuyendo exponencialmente al incrementar la profundidad. La tecnología que permite generar energía a través de las diferencias de temperatura en el océano se llama Conversión de Energía Térmica Oceánica. El Gradiente Térmico, es una tecnología de energía renovable que utiliza la diferencia de temperatura en los

océanos para producir electricidad limpia y confiable, día y noche, durante todo el año. El calor de la superficie cálida del océano y el frío del océano profundo impulsan un tipo de ciclo de Rankine (abierto, cerrado o híbrido), que produce electricidad, esto tiene el potencial de convertirse en una de las principales fuentes de energía renovable. Estas instalaciones se basan en la diferencia de temperatura, de al menos 20 grados centígrados, entre la superficie y el fondo de los océanos. Se analizaron las diferencias de temperaturas en octubre (otoño) en el área de estudio, donde se aprecia una termoclina bien definida, donde se localizó al menos una zona dentro de la bahía, con un valor de 20.123 °C entre la superficie y el fondo, esta zona se ubica en la Cuenca Alfonso, la región más profunda (estación E14). En la zona oceánica adyacente (estación E06) se registró una diferencia de temperatura de 21.866 °C entre la superficie y la profundidad de 481 m, mientras que en la (estación E07) a 527 m de profundidad la diferencia de temperatura con la superficie fue de 22.288 °C.

OCC-19 CARTEL

EXPLORACIÓN CIENTÍFICA DEL SISTEMA HIDROTHERMAL SOMERO EN LA BAHÍA DE BANDERAS, NAYARIT, MÉXICO: AVANCES Y CONOCIMIENTOS RECIENTES

Rodríguez Uribe María Carolina
Centro Universitario de la Costa, CuCosta
maria.uribe@academicos.udg.mx

En la parte norte de la Bahía de Banderas, a tan sólo unos 400 m de la playa se localiza un sistema hidrotermal submarino somero, el cual ha sido objeto de estudio científico desde el año 2000 cuando se reporta por primera vez esta actividad hidrotermal. Y desde entonces se han realizado diversas investigaciones científicas, las cuales han revelado una compleja interacción entre procesos geotérmicos, biogeoquímicos y microbiológicos. Estas investigaciones han documentado la existencia de diversas fuentes hidrotermales que, en su conjunto, conforman este sistema hidrotermal submarino somero. Esta actividad hidrotermal se puede encontrar desde los 9 m de profundidad y se caracteriza por descargas gasohidrotermales, ya que los fluidos exhalados son una mezcla de agua de origen meteórico y gases, nitrógeno y metano principalmente. Estas descargas pueden alcanzar temperaturas de hasta 87°C, la más alta reportada. Los análisis mineralógicos de muestras colectadas en este sistema hidrotermal han revelado secuencias de depósitos minerales dominadas por carbonatos (calcita y aragonita), sulfuros (pirita, cinabrio, galena), sulfatos (barita) y fosfatos (apatita). La precipitación de estos minerales está influenciada tanto por procesos abióticos como biogénicos, destacando la posible mediación de comunidades microbianas en la oxidación de metano y la reducción de sulfato marino, como sugieren los análisis isotópicos de carbono y azufre. Mientras que, en el contexto tectónico de la zona de estudio, destaca el proceso de subducción oblicua de la Placa de Rivera y el proceso de extensión relacionado con la apertura del Golfo de California. Investigaciones recientes han enfatizado la importancia de la actividad microbiana en la biomineralización de carbonatos y sulfuros. Además, se ha documentado la presencia de bacterias termófilas y oxidantes de metales, lo que resalta el impacto de los sistemas hidrotermales en la biodiversidad de procariotas. Asimismo, estudios de la comunidad de infauna bentónica han revelado una relación directa entre la temperatura de las descargas hidrotermales y la estructura de las comunidades bentónicas. Estos avances proporcionan una importante comprensión del sistema hidrotermal submarino somero localizado en la Bahía de Banderas, Nayarit, México, destacando su relevancia como un ambiente único para la investigación geológica, geoquímica y biológica en ambientes marinos extremos. Sin embargo, se enfatiza la necesidad de estudios que evidencien la dinámica temporal de esta actividad hidrotermal, así como la aplicación de metodologías de investigación más rigurosas y muestreos con ciclos completos y de largo plazo. Lo anterior contribuirá a completar la visión científica de este sistema hidrotermal somero.

OCC-20 CARTEL

ESTIMACIÓN DE LA CORRIENTE SUPERFICIAL CON UN RADAR BANDA-X

Veliomejía López Mariano¹ y García-Nava Héctor²

¹Facultad de Ciencias Marinas, UAABC

²Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UAABC
mveliomejia@uabc.edu.mx

Las corrientes superficiales en zonas costeras son generadas mediante diversos mecanismos, entre los que se encuentran el estrés del viento sobre la superficie del océano, el oleaje y la marea. Este tipo de corrientes se ven involucradas en diversos fenómenos y actividades de relevancia tanto social como ambiental, por lo que su medición y estudio es importante. En particular, las mediciones remotas realizadas con radares cuentan con la ventaja de poder abarcar simultáneamente un área extensa de la superficie del océano, lo que permite su implementación en esquemas operativos. Entre los sistemas de radar para los que han sido desarrolladas metodologías para la estimación de corrientes superficiales se encuentran los radares Banda-X. En general, las metodologías desarrolladas para estos radares constan de tres subprocesos: el análisis espectral de una colección de subimágenes de radar geográficamente coherentes, el filtrado del espectro tridimensional obtenido mediante el proceso anterior, y finalmente, el procesamiento de los datos espectrales filtrados mediante diferentes algoritmos de optimización en los que la corriente superficial es un parámetro desconocido o la solución del problema específico planteado. En este trabajo se presentan los resultados de la implementación de

diferentes metodologías para la estimación de corrientes superficiales a partir del análisis de imágenes de radar de Banda-X, así como una comparación inicial de los resultados proporcionados por cada una de estas metodologías. Para el análisis se utilizaron imágenes de un radar de Banda-X situado en Punta Morro (Ensenada, Baja California) correspondientes al mes de marzo de 2017, coincidentes con mediciones de corrientes realizadas con un ADCP anclado en la zona.

OCC-21 CARTEL

EFFECTOS DE LA SEQUÍA MODERADA D1 (MAYO 2024) EN LA COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA LAGUNA COSTERA DE LA MANCHA, CUENCA DEL RÍO ACTOPAN, VERACRUZ

Sánchez-Espejel Jimena, Arellano-Torres Elsa y Hernández-Sánchez Sergio de Jesús

Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM
jimenasanchez@encit.unam.mx

En la desembocadura de la cuenca del Río Actopan se encuentran diversos ecosistemas costeros que albergan una amplia variedad de especies. Este estudio se centró en realizar mediciones in situ en estos ecosistemas para analizar los cambios en un sitio RAMSAR y su respuesta a una sequía a nivel nacional a la que se enfrentó el país desde finales de 2018 hasta principios de 2024. La Laguna Costera de La Mancha, en particular, es un ecosistema diverso y crucial donde la protección comunitaria ha sido esencial para su conservación y recuperación, este manejo comunitario juega un papel significativo en la calidad del agua de la laguna y en la regulación de las concentraciones y parámetros físicoquímicos. Factores ambientales, como la escasa precipitación y el aumento de las temperaturas atmosféricas en los últimos meses, también han influido en estos ecosistemas. A inicios de mayo de 2024 se realizó un estudio in situ de la laguna para poder formar una comparativa con los datos previos a la sequía y como esta influyó en los parámetros del ecosistema. En esta fecha el municipio de Actopan presentó una clasificación D1 para sequía moderada, la cual se presentó desde meses anteriores. Para ello se emplearon kits de prueba rápida en campo para obtener valores de temperatura, salinidad, pH, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos en múltiples zonas de la laguna. Al analizar los resultados, estos arrojaron índices de temperatura superiores a 34°C, salinidad superior a 30 ppm. Además, se registró un pH alcalino de hasta 8.2, significativamente más alto que los valores reportados en estudios previos (7.2 y 6.4 en otras estaciones de muestreo y en el manglar, respectivamente). Estas mediciones indican una variación en la química del agua en los últimos años, lo cual se atribuye probablemente a la sequía experimentada desde julio de 2018 en la cuenca del Río Actopan y zonas aledañas. Las temperaturas elevadas, provocadas por la sequía, han contribuido a un aumento de la salinidad en la laguna. Esta relación entre el aumento de temperatura y salinidad subraya la importancia de entender y gestionar los impactos del cambio climático y eventos de sequía en estos ecosistemas costeros críticos.

Sesión regular

OCEANOLOGÍA

Organizadores

Alejandro Souza
Erik Coria Monter
Elizabeth Durán

OCE-1

EFFECTO DE LAS CORRIENTES EN LOS PARÁMETROS INTEGRALES DEL OLEAJE DURANTE EVENTOS EXTREMOS

Pérez Sampablo Laura Marcela y Osuna José Pedro

División de Oceanología, CICESE

laura.persamp@gmail.com

En este trabajo se analiza a partir de simulaciones numéricas el efecto de un campo de corrientes no homogéneo y no estacionario en el cálculo del campo de oleaje durante las condiciones extremas asociadas al ciclón tropical Isaac. El campo de corrientes superficiales generado por el huracán no afecta significativamente a la estructura espacial media del campo de olas. Sin embargo, la utilización de un campo de corrientes no homogéneo y no estacionario promueve una disminución significativa de los valores de altura de aproximadamente un 12% respecto a los valores calculados por el modelo cuando no se consideran los efectos de las corrientes. Esta disminución es más evidente en los cuadrantes situados a la derecha del ojo del huracán debido al efecto de la corriente sobre la advección espacial de energía, que anula, en cierta medida, la condición de fetch extendido en esa región.

OCE-2

MODELO PARA LA ESTIMACIÓN DEL ESFUERZO DEL VIENTO EN CONDICIONES DE VIENTO DÉBIL A MODERADO EN PRESENCIA DE SWELL

Villarreal Olavarrieta Carlos Eduardo, Ocampo Torres Francisco
J., Osuna Cañedo Pedro y Mora Escalante Rodney E.

CICESE

carlosvillaraola@gmail.com

El esfuerzo del viento es de suma importancia en procesos de interacción Océano-Atmósfera. Las parametrizaciones del coeficiente de arrastre que se utilizan habitualmente para estimar el esfuerzo del viento tienden a sobreestimar o subestimar la transferencia de momento, especialmente en regímenes de vientos débiles a moderados en presencia de swell. Además, comúnmente se presume que el esfuerzo del viento siempre está alineado con el viento, pero esto no es cierto en todos los casos. Se obtuvieron estimaciones del esfuerzo del viento, y sus componentes turbulenta y coherente con las olas, por medio de análisis espectral de las mediciones del nivel de la superficie libre y la velocidad del viento, obtenidas con un anemómetro sónico y un arreglo de seis alambres de capacitancia instalados en una Boya Oceanográfica y de Meteorología Marina. El estado del mar se caracterizó mediante la obtención del espectro direccional de las olas. Se realizaron mediciones continuas durante al menos cuatro meses en tres sitios diferentes (dos en el Golfo de México y uno en el Pacífico norte mexicano) con frecuencias de muestreo de 10 Hz para el nivel de superficie libre y 100 Hz para la velocidad del viento. La influencia de múltiples sistemas de olas en la capa límite de olas se evita analizando únicamente eventos con un único sistema de olas. Se obtuvo un modelo para estimar el esfuerzo del viento analizando los datos con el método de análisis de regresión múltiple. El modelo es válido para diferentes condiciones del estado del mar: wind sea o swell con las siguientes características: propagándose en la misma dirección, en dirección opuesta o en dirección perpendicular a la dirección del viento. El modelo estima la magnitud y dirección del esfuerzo del viento a partir de la velocidad del viento, la celeridad de fase de las olas, la altura significativa y el ángulo de propagación de las olas dominantes respecto al viento.

OCE-3

MÉTODOS EMPÍRICOS PARA PROYECTAR VERTICALMENTE INFORMACIÓN DE SUPERFICIAL PARA PRODUCIR CAMPOS TERMOHALINOS TRIDIMENSIONALES

Pérez Brunius Paula¹, García-Carrillo Paula², Cordero Nathali²,
Miranda José³, Zavala Romero Olmo³, Cornuelle Bruce⁴ y Bower Amy⁵

¹División de Oceanología, CICESE²CICESE³Universidad del Sur de Florida⁴Scripps Institution of Oceanography⁵Woods Hole Oceanographic Institution

brunius@cicese.mx

Aunque los modelos de circulación oceánica han mejorado mucho, aún existen algunos problemas para reproducir la estructura termohalina y las masas de agua en la región de extensión de la Corriente de Lazo, incluso cuando se asimilan datos de boyas perfiladoras del programa Argo. La gran cantidad de perfiles hidrográficos, así como las trayectorias profundas proporcionadas por los flotadores Argo que se han desplegado en la última década por el programa UGOS, proporcionan una excelente base de datos para probar los resultados del modelo y mejorar los esquemas de asimilación. Esto último se puede hacer combinando los perfiles de los flotadores Argo con información satelital (SSH, SST, SSS) para hacer modelos empíricos que proporcionen proyecciones verticales de la información de la superficie en donde no hay perfiles medidos, lo cual se puede incluir en los esquemas de asimilación de datos. Una forma en que esto se está haciendo es utilizando algoritmos de aprendizaje automático (ML) o proyecciones de las propiedades termohalinas en el espacio de funciones de corriente geostróficas (SSH) utilizando proyecciones de modo empírico de Gravest (satGEM). Este último método se puede ampliar para incluir otros parámetros que han demostrado mejorar los algoritmos de aprendizaje automático, así como otros parámetros que aún no se han probado. En esta charla presentaremos qué tan bien funcionan estos métodos empíricos bajo diferentes condiciones dinámicas (fase extendida de la corriente de Lazo, Eddy Cardone, y tal vez incluso el huracán Idalia). Se presentarán ideas para entender cuándo, dónde y con qué parámetros funcionarán mejor estos modelos: pruebas de sensibilidad para incluir varios parámetros en las proyecciones (doy, SSH, SST, SSS, H), y análisis de errores en el espacio de parámetros y bajo diferentes situaciones dinámicas.

OCE-4

CONTRIBUCIÓN DE LA TORCA DEL VIENTO A LA VARIABILIDAD DE BAJA FRECUENCIA DE LA CORRIENTE DE FRONTERA OESTE EN EL GOLFO DE MÉXICO

Contreras Veronica Adriana Alejandra y Pérez-Brunius Paula

División de Oceanología, CICESE

acontreras@cicese.edu.mx

El flujo de baja frecuencia en el oeste del Golfo de México revela una corriente hacia el norte correspondiente al lado occidental de un giro anticiclónico promedio. El giro anticiclónico medio se ha asociado tanto a la torca del viento como al arribo de remolinos de la corriente de Lazo a la región. En este estudio se analizó la covariabilidad entre la torca del viento dentro de la cuenca y la velocidad meridional de la corriente sobre el talud continental. Se utilizaron datos de viento en el Golfo de México de los reanálisis ERA5 y Climate Forecast System Reanalysis (CFSR). Para el caso de la velocidad de la corriente se utilizaron datos de altimetría satelital (AVISO). Para determinar la influencia de la torca del viento en la variabilidad de la corriente de frontera oeste se analizó la correlación cruzada con desfase entre las series de tiempo de ambas variables promediadas en regiones específicas, así como el espectro de coherencia al cuadrado entre las dos series de tiempo a distintas frecuencias. Tanto la torca del viento como la velocidad meridional revelaron un ciclo estacional marcado donde la frecuencia anual y sus armónicos (6 meses y 4 meses) explican aproximadamente el 30% de la variabilidad de las series de tiempo mensuales. Se encontró una alta correlación negativa (-0.5) entre ambas variables con desfase de un mes, que es el tiempo de desfase correspondiente que tardarían las ondas largas de Rossby generadas por la variación del viento en llegar a la frontera oeste dado el tamaño de la cuenca. La coherencia de magnitud cuadrada es significativamente alta (0.6) en la frecuencia anual, lo cual nos indica la dependencia

lineal de una señal respecto a otra a dicha frecuencia. Estos resultados ayudan a responder la pregunta sobre la contribución relativa de la torca del viento a la variabilidad de baja frecuencia de la corriente y sugieren que al menos 70% de la variabilidad se debe a otros factores, como los remolinos de la corriente de Lazo.

OCE-5

THE MINI ADAPTIVE SAMPLING TEST RUN (MASTR) EXPERIMENT

Tenreiro Miguel y Pallàs Sanz Enric

División de Oceanología, CICESE
tenreiro@cicese.mx

El experimento denominado Mini Adaptive Sampling Test Run (MASTR) ha formado parte del programa UGOS3 y consistió en la implementación simultánea de múltiples plataformas de monitoreo oceanográfico para proporcionar un conjunto de datos en tiempo casi-real para alimentar los modelos numéricos de pronóstico, así como originar ambientes de configuración y calibración para el estudio del sistema de la corriente de Lazo en el golfo de México. La Corriente de Yucatán en la región occidental del Caribe mexicano es la precursora de la corriente de Lazo donde en conjunto son parte integral de la corriente de frontera occidental del giro subtropical del Atlántico norte. Este sistema dinámico alcanza en su núcleo una velocidad media de 1.5 m/s pudiendo llegar a valores de hasta 2.5 m/s. Planeadores submarinos autónomos tipo Seagliders equipados con perfiladores acústicos de corrientes (AD2CP) del Grupo de Monitoreo Oceanográfico con Gliders (GMOG-CICESE) realizaron varias misiones de monitoreo en la región donde se pudo constatar además de la fuerte dinámica que caracteriza la región su fuerte variabilidad espacial. En este trabajo nos enfocamos en mostrar la estructura vertical de la corriente de Yucatán en el Caribe mexicano donde la corriente se intensifica cerca de la costa con fuerte expresión en superficie y gran extensión vertical. Se analizaron las propiedades termohalinas de la columna de agua donde se encontraron aguas poco salinas y más frías cerca de la costa (YC-CSW) y el máximo salino del agua subsuperficial del Atlántico Norte (NASUW) asociado al núcleo de la corriente. Durante el periodo de muestreo quedó evidente el impacto de la variabilidad espacial de la corriente de Yucatán en la separación de un remolino anticiclónico de la corriente de Lazo (LCE) denominado Berek. Se relacionó la evolución hacia el noreste de la circulación anticiclónica del Caribe mexicano como agente forzante de la presencia de un ciclón en la parte occidental del canal de Yucatán que contribuyó finalmente en la separación del remolino. Este efecto es consistente con la estacionalidad observada del proceso de separación de los remolinos de la corriente de Lazo y contribuye a la discusión de que el proceso de separación de los remolinos de la corriente de Lazo depende en gran medida de las condiciones dinámicas del Mar Caribe y en particular de la corriente de Yucatán.

OCE-6

DINÁMICA DE LOS REMOLINOS FRONTERALES DE LA FRONTERA OESTE DE LA CL

Cisneros Sebastián, Pallàs Sanz Enric y Costa de Almeida Tenreiro Miguel José

División de Oceanología, CICESE
cisneros@cicese.edu.mx

La dinámica en el Golfo de México (GoM) está dominada por la Corriente de Lazo (CL), su variabilidad, y los remolinos de mesoescala asociados. Los remolinos frontales de la Corriente de Lazo (LCFEs) son ciclones que se desplazan a lo largo de la periferia de la CL. Estos remolinos, al propagarse hacia el Este, estrangulan la corriente y facilitan la liberación de anticiclones. Aplicamos un método de detección basado en datos de altimetría y el modelo numérico NEMO para identificar estos remolinos. Nuestros resultados indican que el modelo reproduce adecuadamente la distribución y cantidad de ciclones observados. Identificamos una región de frecuente formación de LCFEs al noroeste del Banco de Campeche (86.5°W, 23.5°N), caracterizada por un notable gradiente batimétrico, que denominamos muesca. Basándonos en estudios previos sobre la interacción entre la corriente y el fondo marino, la formación de estos ciclones parece estar vinculada a las características específicas del flujo en esta región. Analizamos las velocidades en la muesca y el estado de la CL durante los eventos de formación de ciclones, observando una disminución en la velocidad central de la muesca conforme el núcleo de la CL se aleja. Esta presentación se centrará en caracterizar los LCFEs detectados en la muesca desde un punto de vista termohalino y dinámico para distinguir entre sus masas de agua presentes y los diferentes mecanismos de generación asociados a estos ciclones. Estos resultados, parte de mi trabajo doctoral, serán próximamente publicados y son clave para tener un mayor entendimiento del papel de los LCFEs en la dinámica del GoM.

OCE-7

VARIABILIDAD Y EVENTOS EXTREMOS DEL TRANSPORTE EN LA CORRIENTE DEL LAZO

Jiménez Mendez Karina¹, Durante Giovanni¹, Jouanno Julien² y Sheinbaum Julio¹

¹División de Oceanología, CICESE
²IRD (CNRS)

kjimenez@cicese.edu.mx

Se realizan análisis de la variabilidad en la Corriente de Lazo utilizando datos de anclajes a través del canal de Yucatán y el estrecho de Florida y se comparan con una simulación de alta resolución del modelo numérico NEMO. Además, con la estimación del transporte, se buscan identificar condiciones para eventos de máximo o mínimo transporte e intentar determinar el impacto de estos eventos extremos en el desprendimiento de remolinos en la Corriente de Lazo. Los datos de velocidad son promedios diarios de 2012 a 2022 en las posiciones y profundidades fijas de los anclajes y la simulación es de 1km de resolución horizontal, con 75 niveles en la vertical y salidas promedio diarias.

OCE-8

GMOGLINE: MONITOREO MEDIOAMBIENTAL SOSTENIDO EN EL OESTE DEL GOLFO DE MÉXICO CON PLANEADORES SUBMARINOS AUTÓNOMOS

Pallàs Sanz Enric¹, Costa de Almeida Tenreiro Miguel José¹, Ulloa Torres Marco Julio², IPN), Gentil Mathieu³ y Ruiz Angulo Angel⁴

¹División de Oceanología, CICESE
²CICATA Altamira, Tamaulipas
³Institut Méditerranéen d'Océanologie (Marseille, Francia)
⁴Universidad de Islandia (Reykjavik, Islandia)

epallas@cicese.mx

El oeste del golfo de México es una región afectada por la llegada de remolinos de la corriente del lazo, formación de filamentos fríos y/o poco salinos que se extienden aguas abiertas advectados por la mesoescala, y corrientes costeras. Adicionalmente es una región de actividad petrolera así como de importantes pesquerías. El objetivo de GMOGline es el monitoreo ambiental de alta resolución sostenido de las variables oceanográficas esenciales (VOEs) con planeadores submarinos autónomos en la región oeste del Golfo de México (GoM). El creciente interés de la industria en explorar y explotar en aguas cada vez mas profundas genera la necesidad de adquirir datos oceanográficos y atmosféricos de VOEs en tiempo casi-real, principalmente datos de las corrientes oceánicas. El análisis de los datos permite a las industria obtener información esencial para el diseño/planeación de sus actividades y hacer pronósticos meteorológicos, minimizando paro total de actividades y pérdidas económicas. Se presentan resultados de dos misiones con planeadores submarinos autónomos en el oeste del GoM a lo largo de una línea representativa de los procesos oceanográficos de la región. En una de las misiones, el glider fue equipado con un AD2CP; mientras que en la otra con un set básico de sensores termohalinos y biogeoquímicos. La intención de la presente charla es mostrar la variabilidad de las VOEs a través de la plataforma y talud en el oeste del golfo de México; y las ventajas y aplicaciones de una estrategia de monitoreo en forma de repeticiones de un transecto perpendicular a la costa como ha implementado CalCOFI desde el 2005 y hasta el presente en la costa de California (<https://spraydata.ucsd.edu/projects/cugn/>).

OCE-9

SIMULACIONES NUMÉRICAS ACOPLADAS Y NO ACOPLADAS DE LA EVOLUCIÓN DE UN REMOLINO DE LA CORRIENTE DEL LAZO DURANTE UN EVENTO “NORTE”

Sheinbaum Julio¹, García Martínez Ivonne¹, Jouanno Julien², Andrade Canto Fernando³, Estrada Allis Sheila¹, Munguía Cajigas Daniela¹, Rodríguez Solís José Luis¹, García Lucero Ángeles Berenisse¹, Pallàs Sanz Enric¹ y Tenreiro Miguel¹

¹División de Oceanología, CICESE
²IRD-LEGOS, Toulouse, Francia
³ECOSUR, Chetumal, Q. Roo
julios@cicese.mx

Diversas simulaciones numéricas con modelos oceánicos (NEMO, ROMS), atmosféricos (WRF) y acoplados (NEMO-WRF, NEMO-PISCES) fueron realizadas como parte del proyecto CONAHCYT-FORDECYT-PRONACES #1327709 “Florecimientos de Fitoplancton en un Remolino de la Corriente del Lazo”. Varias de las simulaciones se concentran en modelar la evolución del remolino YAZOO durante noviembre 2022 el cual fue además muestreado con gliders y mediciones biogeoquímicas e hidrográficas, lo que representa una gran oportunidad para validar las simulaciones y a la vez utilizar los modelos para entender los procesos que explican las observaciones. Se presenta un resumen de los resultados obtenidos con los diferentes modelos, mostrando en particular la importancia que tiene la orientación del remolino respecto a la dirección de viento y su variación diaria, las cuales parecen explicar las asimetrías en profundidad de la capa de mezcla, clorofila y otros campos, presentes en los resultados numéricos y las observaciones.

OCE-10

EFFECTOS DEL OLEAJE EN LA DINÁMICA SUPERFICIAL DEL GOLFO DE MÉXICO: 14 AÑOS DE RESULTADOS CON EL MODELO ACOPLADO CROCO-WW3

García Gómez Beatriz Ixetl¹, Estrada Allis Sheila¹, Osuna Cañedo José Pedro¹ y Moulin Aimie²

¹CICESE

²Centro Euro-Mediterráneo Suiza Cambiamenti Climatici

bixetl.gg@gmail.com

Al evaluar la dispersión de partículas en el océano, tradicionalmente se ha dado mayor énfasis a los efectos de las corrientes marinas y al viento. Sin embargo, en ciertas condiciones, el oleaje puede jugar un papel importante en la dinámica superficial del océano, particularmente a través de la generación de la deriva de Stokes y la turbulencia asociada al rompimiento del oleaje en aguas profundas. Aunque comúnmente la dispersión de partículas se modela solo con corrientes, o en algunos casos incorporando la deriva de Stokes como una parametrización del viento, actualmente se reconoce que las interacciones entre olas y corrientes son más complejas. En algunas condiciones, la inclusión adecuada de estos procesos requiere el uso de modelos acoplados olas-corrientes. En esta presentación se evalúan los posibles efectos a largo plazo de las interacciones entre olas y corrientes en el Golfo de México utilizando resultados numéricos obtenidos con el modelo acoplado CROCO-WW3 para un periodo de 14 años. Estos resultados fueron obtenidos en el marco del proyecto CIGOM. Análisis previos indican que el sistema acoplado reproduce adecuadamente las estructuras principales del GoM, como la Corriente del Lazo, el desprendimiento de anticiclones y el ciclón de Campeche, sin embargo, en promedio y a largo plazo se observan algunas diferencias importantes entre los resultados del sistema ejecutado en modo acoplado y en modo desacoplado. El modelo acoplado presenta mayor variabilidad en la penetración de la corriente del Lazo hacia el oeste, lo que genera mayor variabilidad en el nivel del mar en el centro del GoM. También se observaron menos liberaciones de remolinos de la Corriente del Lazo en la simulación acoplada (20) que desacoplada (22), aunque el periodo entre liberaciones es similar en ambas simulaciones (~8 meses). Respecto a la temperatura del mar, también se observaron diferencias significativas tanto en la horizontal como en la vertical. Además, las interacciones olas-corrientes modifican la profundidad de la capa de mezcla en algunas regiones del Golfo de México. Es decir, existe un efecto acumulado de los términos asociados a la interacción olas-corrientes que genera diferencias significativas en la hidrodinámica del océano cerca de la superficie. Un objetivo fundamental de este estudio es determinar la importancia relativa de estos términos en la dinámica de meso-escala en la región del Golfo de México.

OCE-11

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE ROMS-4DVAR EN REPRODUCIR Y ASIMILAR UN REMOLINO IDEALIZADO EN EL GOLFO DE MÉXICO

Ashida Hernández Eduardo¹, Estrada-Allis Sheila Natali¹, Sheinbaum Pardo Julio¹ y Moore Andrew M.²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE

²University of California, Santa Cruz

ashida@cicese.edu.mx

Esta investigación forma parte de un proyecto más amplio denominado "Understanding Gulf Ocean Systems" (UGOS) financiado por la "National Academy of Sciences", que tiene como objetivo evaluar la predictibilidad de la Corriente del Lazo y la subsecuente separación de remolinos anticiclónicos a través de la comparación de diversos modelos oceánicos y esquemas de asimilación. Para ello, todos los esquemas asimilan un mismo remolino de la Corriente del Lazo idealizado, extraído de una simulación realizada con el modelo hidrodinámico HYCOM del Golfo de México integrada por 91 días sin forzamiento atmosférico, mareas o condiciones de frontera, la cual es considerada como la simulación de control. Mediante un Experimento Simulado de Sistema de Observación Oceánica (OSSE) idealizado, este estudio evalúa específicamente el desempeño de un esquema de asimilación de datos variacional en cuatro dimensiones (4DVar) implementado en el modelo hidrodinámico ROMS. Para evaluar la capacidad de ROMS-4DVAR en capturar la evolución del remolino, se realiza una simulación de referencia libre (sin asimilación) a partir de las condiciones iniciales extraídas de la simulación control, seguida de tres experimentos de asimilación con diferentes estados iniciales y periodos de asimilación. Estos experimentos asimilan la elevación del nivel del mar (SSH), así como perfiles sintéticos de temperatura y salinidad, extraídos de la simulación control en profundidades superiores a 300 metros. La simulación de referencia muestra resultados prometedores, con un error cuadrático medio de la SSH estabilizándose en aproximadamente 0.6 cm en todo el dominio después de 60 días. Estos resultados coinciden con los reportados por otros modelos hidrodinámicos con el mismo sistema de asimilación de datos. Se espera que los experimentos de asimilación proporcionen información valiosa sobre la efectividad del esquema 4DVar. Finalmente, el objetivo más amplio de este estudio es establecer un punto de referencia para la intercomparación con otros modelos que emplean diferentes esquemas de asimilación dentro del proyecto UGOS.

OCE-12

CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y BIOGEOQUÍMICA DE LOS FILAMENTOS EN EL GOLFO DE MÉXICO

González Colorado Ingrid Alejandra, Pallàs Sanz Enric y Costa de Almeida Tenreiro Miguel José

División de Oceanología, CICESE

ingrid@cicese.edu.mx

Los filamentos son típicamente generados en regiones confluentes entre un remolino ciclónico y un anticiclónico cerca de la plataforma continental, transportando agua desde la costa hacia el océano profundo. Se caracterizan por anomalías alargadas de temperatura en la superficie del mar y de pigmentos. En el Golfo de México (GoM), la circulación está dominada por la corriente del Lazo y los remolinos que se desprenden de ella. Estas corrientes interactúan de manera aparentemente caótica, dando lugar a la formación de filamentos de magnitudes significativas. Este estudio se enfoca en la presencia de filamentos en el GoM mediante el análisis de datos satelitales de los años 2002-2022, con el objetivo de determinar si las regiones típicamente filamentosas presentan una estacionalidad y de entender los mecanismos detrás de su formación. Los datos utilizados incluyen topografía dinámica absoluta, temperatura superficial del océano e imágenes de pigmentos de clorofila-a. Adicionalmente, se integraron datos obtenidos de varias misiones realizadas por los planeadores del Grupo de Monitoreo Oceanográfico con Gliders para describir la estructura vertical dentro de los filamentos. En particular, se seleccionaron misiones donde los gliders atravesaron filamentos observados en las imágenes satelitales. El objetivo principal era estudiar cómo estos filamentos afectan la estructura vertical de la columna de agua, centrándonos en variables como temperatura, salinidad, densidad potencial, clorofila-a, backscatter, materia orgánica disuelta coloreada (CDOM) y oxígeno disuelto. Los resultados obtenidos muestran que los valores de clorofila-a eran altos en la parte superficial del océano, indicando una alta productividad en estas zonas. Además, se observaron valores elevados de CDOM y backscatter, lo que sugiere la presencia de una considerable cantidad de materia orgánica y partículas en suspensión, respectivamente. Estas observaciones son importantes ya que los filamentos actúan como mecanismos de fertilización de las aguas profundas, exportando agua rica en clorofila-a y otros nutrientes hacia el océano profundo, principalmente a través de la interacción con remolinos.

OCE-13

FLUJOS DE VARIABLES BIOGEOQUÍMICAS EN LA REGIÓN OCEÁNICA DEL GOLFO DE MÉXICO PRODUCIDOS POR EL MECANISMO EDDY-EKMAN PUMPING

Velásquez-Aristizábal Jorge Armando¹, Estrada-Allis Sheila Natali¹, Camacho-Ibar Víctor F.², Samperio-Ramos Guillermo², Moreno-Polo Karen², Pallàs Sanz Enric¹, Linacre Lorena P.¹, Herzka Sharon³, Quintero-Mata J. René², Hernández-Ayón J. Martín² y Gutiérrez Ricardo A.²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE

²Universidad Autónoma de Baja California

³The University of Texas at Austin

velasquez.jorge@uabc.edu.mx

La disponibilidad de nutrientes inorgánicos en la capa mesopelágica superior de zonas oligotróficas como la región oceánica del Golfo de México (GM) controla la producción primaria y modula el flujo de energía a través de las redes tróficas. Para comprender mejor los procesos biogeoquímicos que se presentan en la capa mesopelágica superior es necesario determinar los flujos de ingreso/salida de nitrógeno inorgánico disuelto (DIN), así como los flujos de salida de carbono orgánico disuelto. Dado que la región oceánica del GM está fuertemente influenciada por remolinos de mesoescala, particularmente por remolinos anticiclónicos que se desprenden de la Corriente del Lazo (LCE), resulta importante comprender el papel que estas estructuras desempeñan en el control de variables biogeoquímicas en la capa mesopelágica superior. En los últimos años se ha mostrado que la intensificación del campo de viento que actúa sobre un remolino anticiclónico induce velocidades verticales hacia capas superiores de la columna de agua, particularmente en el núcleo del remolino. Este mecanismo es conocido como eddy-Ekman pumping y, hasta la fecha, no ha sido evaluado rigurosamente en la región oceánica del GM. En este trabajo se estimaron flujos de variables biogeoquímicas inducidos por el mecanismo Eddy-Ekman pumping durante el periodo 2010-2020 en estaciones pertenecientes a la malla canónica de muestreo de los cruceros XIXIMI que estuvieron influenciadas por remolinos anticiclónicos, así como en 16 estaciones muestreadas en un LCE recientemente desprendido de la Corriente del Lazo muestreado durante el 08 y 17 de noviembre de 2022. Además, en este estudio se presentan los resultados de estimaciones de flujos verticales de carbono orgánico en el LCE muestreado durante noviembre de 2022 a través de mecanismos de hundimiento de partículas exopoliméricas transparentes (TEP). Los resultados indican que, en estaciones influenciadas por remolinos anticiclónicos en el GM, los flujos de DIN inducidos por el mecanismo Eddy-Ekman pumping lineal, no lineal y total oscilan entre -1.5 y 1.5 mmol m⁻²d⁻¹, pero pueden presentar valores 10 veces mayores durante periodos de "Nortes". Por su parte, en el interior del LCE muestreado en noviembre de 2022, los flujos de carbono orgánico disuelto inducidos por el mecanismo de interacción remolino-viento estuvieron en el intervalo de ~5-90 mmol C m⁻²d⁻¹, mientras que los flujos de carbono debidos al hundimiento de TEP estuvieron en el intervalo de ~0.1-10 mmol C m⁻²d⁻¹. Nuestros resultados sugieren que los LCE desempeñan un papel más importante en el flujo de carbono hacia capas más profundas que en el flujo de DIN hacia capas más someras de la región

oceánica del golfo, por lo que los LCE podrían desempeñar un rol importante en la bomba biológica de carbono en el GM.

OCE-14

DISTRIBUCIÓN Y FLUJOS VERTICALES DE NUTRIENTES INORGÁNICOS A LO LARGO DEL REMOLINO ANTICICLÓNICO DE LA CORRIENTE DEL LAZO DE LA CAMPAÑA PHYTBLOOMEDDY

Camacho-Ibar Víctor F.¹, Velásquez-Aristizábal Jorge A.¹, Quintero-Mata Jesús R.¹, Samperio-Ramos Guillermo¹, Linacre Lorena², Herzka Sharon³, Pallàs Sanz Enric², Gutiérrez Ricardo A.¹ y Hernández Ayón J. Martín¹

¹Universidad Autónoma de Baja California

²CICESE

³The University of Texas at Austin

vcamacho@uabc.edu.mx

La disponibilidad de nutrientes en la zona eufótica juega un papel importante en el control de la producción primaria fitoplanctónica en los océanos; esta disponibilidad es el resultado del balance entre la remoción/consumo y la adición de los nutrientes por procesos biológicos y físicos. En este trabajo se presentarán los resultados de la distribución de nutrientes inorgánicos (nitrato, fosfato y ácido silícico) obtenidos a partir del análisis de muestras recolectadas durante la campaña oceanográfica PhytBloomEddy realizada del 8 al 17 de noviembre 2022. El muestreo se realizó a lo largo del eje central de un remolino anticiclónico de la Corriente del Lazo (LCE) desprendido dos meses antes. El muestreo incluyó 12 estaciones al interior del LCE y cuatro estaciones fuera del remolino, en las que se recolectó agua en 16 profundidades entre 0 y 500 m y se realizaron lances hidrográficos con CTD. En este trabajo contrastamos la distribución de los nutrientes entre el núcleo, la periferia y las estaciones externas. Las secciones verticales de las concentraciones de nutrientes muestran una tendencia similar a las isopícnas, indicando que la dinámica física del LCE tuvo una clara influencia en la distribución de las variables biogeoquímicas. Discutiremos la relación entre la localización de las nutriclinas, el máximo profundo de clorofila, la profundidad de la capa de mezcla y la profundidad de la zona eufótica. Se discutirán también algunas diferencias en la distribución vertical entre nutrientes que generan rasgos como un máximo en la relación nitrato/fosfato debajo de la zona eufótica, un máximo de ácido silícico en la capa superior de la zona eufótica donde el nitrato y fosfato son casi indetectables, y un mínimo de ácido silícico alrededor del máximo de clorofila. Finalmente, se presentarán cálculos de flujos verticales de nutrientes a través de la base de la zona eufótica asociados con diferentes mecanismos físicos.

OCE-15

DISTRIBUCIÓN DE PARTÍCULAS EXOPOLIMÉRICAS TRANSPARENTES EN UN REMOLINO ANTICICLÓNICO RECIENTEMENTE DESPRENDIDO DE LA CORRIENTE DEL LAZO

Moreno Karen¹, Samperio-Ramos Guillermo¹, Velásquez-Aristizábal Jorge A.², Camacho-Ibar Víctor F.¹, Herzka Sharon³, Linacre-Rojas Lorena P.², Pallàs Sanz Enric² y Gutiérrez Ricardo Aarón¹

¹Universidad Autónoma de Baja California

²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE

³The University of Texas at Austin

karenmorenopol21@gmail.com

Las partículas exopoliméricas transparentes (TEP) son una importante clase de agregados orgánicos gelatinosos que se forman a partir de precursores disueltos producidos principalmente por el fitoplancton y las bacterias. Las TEP están constituidas por mucopolisacáridos con una relación C:N mayor a la estequiometría de Redfield, por lo que son consideradas un potencial componente de la bomba biológica de carbono marina. Por lo tanto, comprender los factores que controlan su distribución y dinámica en la columna de agua es necesario para discernir qué tanto contribuyen las TEP al secuestro de carbono en el océano profundo. El Golfo de México (GM) está influenciado por remolinos de mesoescala anticiclónicos que se desprenden de la Corriente del Lazo (LCE) y que transportan propiedades físicas y biogeoquímicas mientras se trasladan hacia el oeste del golfo. El papel que estas estructuras desempeñan en la transferencia vertical de carbono ha sido poco estudiado en el GM y se desconoce la influencia que tienen en la formación y transporte de TEP. En este trabajo se presentan los primeros resultados de la concentración, distribución y velocidades de sedimentación de TEP en un LCE muestreado entre el 8 y el 17 de noviembre durante la campaña oceanográfica PhytBloomEddy. La concentración de TEP presentó diferencias espaciales notables entre capas y estaciones ubicadas dentro, fuera y la periferia del remolino. En la capa eufótica, la concentración de TEP presentó una correlación significativa con la clorofila-a ($r = 0.75$, $p < 0.001$), lo que sugiere que la actividad fitoplanctónica es un factor determinante en la producción de TEP en el remolino. También se observaron mayores concentraciones de TEP en la zona eufótica de estaciones ubicadas fuera y en la periferia del LCE. Por debajo de la capa eufótica, las mayores concentraciones de TEP se midieron en el núcleo del remolino, lo que indica que en esta zona se presenta un mayor flujo de partículas hacia capas más profundas. Las velocidades de sedimentación (Us) estimadas estuvieron dominadas por las condiciones hidrográficas y aumentaron con el diámetro del agregado de partículas

(DA). Las mayores Us ($1.8\text{--}3.0\text{ m d}^{-1}$) se encontraron en el núcleo del remolino y para valores de DA = $100\text{ }\mu\text{m}$. Por su parte, los flujos de carbono asociados con el hundimiento de TEP fueron mayores en la capa de mezcla y fuera del LCE ($90\text{--}120\text{ mgC m}^{-2}\text{d}^{-1}$). Sin embargo, por debajo de la capa de mezcla, los mayores flujos se obtuvieron en el núcleo del remolino ($70\text{--}100\text{ mgC m}^{-2}\text{d}^{-1}$). Estos resultados sugieren que, durante condiciones invernales, los LCE podrían desempeñar un importante rol en el flujo de carbono hacia capas más profundas del océano, por lo que favorecerían la bomba biológica de carbono en el Golfo de México.

OCE-16

INFLUENCIA DE UN REMOLINO ANTICICLÓNICO SOBRE GRUPOS QUIMIOTAXONÓMICOS DE FITOPLANCTON EN EL GOLFO DE MÉXICO

Mirabal Gómez Uriel¹, Linacre Lorena², González Adriana¹, Durazo Reginaldo¹, Pallàs Sanz Enric² y Camacho-Ibar Víctor¹

¹Universidad Autónoma de Baja California

²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE
umirabal@cicese.edu.mx

Las herramientas quimiotaconómicas basadas en la concentración de pigmentos fotosintéticos biomarcadores permite, mediante la técnica de HPLC, la caracterización de la composición de distintas clases de tamaño del micro-, nano- e incluso pico-fitoplancton. Esta última fracción es típicamente dominante y de importancia ecológica y biogeoquímica en las aguas oceánicas del golfo de México (GoM). En este ecosistema oligotrófico, el fitoplancton es modulado por la dinámica de mesoescala (remolinos ciclónicos y anticiclónicos), que influye en la redistribución de nutrientes, en la penetración de la luz y en la distribución de células autotróficas en la zona eufótica. Del 8 al 17 de noviembre de 2022, se realizó un crucero oceanográfico multidisciplinario para estudiar mediante un muestreo de alta resolución y multiplataforma, las propiedades físicas, bio-ópticas y biogeoquímicas del remolino anticiclónico recién desprendido de la corriente de Lazo (LCE) "Yazoo", en las aguas oceánicas del GoM. Como parte de esta investigación, se caracterizó la composición de la comunidad fitoplanctónica a lo largo de un transecto vertical que cubrió 12 estaciones a través del LCE "Yazoo" y 4 estaciones externas de referencia. Mediante una aproximación quimiotaconómica (CHEMTAX) se determinó la contribución de *Prochlorococcus* (PRO), *Synechococcus* (SYN), algas verdes (GREEN), *Haptophytes* (HAPTO), *Pelagofitas* (PELAGO), *Diatomeas* (DIATO) y *Dinoflagelados* (DINO) a la clorofila-a total (TChla). A través del transecto de muestreo se evidenció que el máximo profundo de clorofila-a (DCM) $> 0.3\text{ mg m}^{-3}$ varió entre $\sim 65\text{--}140\text{ m}$ de profundidad y se localizó mayoritariamente por debajo del 1% de la irradiancia superficial (E0). El análisis del CHEMTAX mostró que PRO y HAPTO fueron los grupos dominantes en toda la zona eufótica, contribuyendo a la TChla en un $\sim 45\%$ y $\sim 25\%$, respectivamente, mientras que la fracción autotrófica remanente aportó $\sim 30\%$. Verticalmente, PRO, SYN y GREEN, mostraron una contribución a la TChla mayor en estratos iluminados hasta el DCM y menor hacia la base de la zona eufótica ($\sim 0.1\%$ E0), mientras que, HAPTO y DIATO incrementaron su contribución en estratos de baja luz ($\leq 1\%$ E0). Aunque PRO y HAPTO dominaron toda la zona eufótica, se evidenció un incremento significativo de la biomasa pigmentaria en el DCM atribuida a una mayor diversidad de otros componentes, tales como DIATO y DINO. Horizontalmente, el grupo HAPTO incrementó su contribución a la TChla hasta un $\sim 45\%$ en estratos profundos del centro del remolino, donde contrastantemente PRO disminuyó su aporte ($\sim 30\%$). De los grupos minoritarios, SYN y DIATO contribuyeron mayoritariamente hacia la periferia y en estaciones externas del LCE. Aunque leve, fue notable el mayor aporte de PELAGO a la TChla ($\sim 1.5\%$) en las estaciones del lado oeste del remolino, posiblemente relacionado al incremento de la mezcla vertical en la columna de agua tras el paso de un evento de viento Norte. Este estudio, basado en el análisis quimiotaconómico de pigmentos biomarcadores, permitió caracterizar la distribución y composición preferencial de los principales grupos fitoplanctónicos en relación con sus adaptaciones fisiológicas para vivir en las diferentes condiciones de luz y nutrientes existentes a través del LCE.

OCE-17

ABUNDANCIAS DE COCOLITÓFOROS EN CONDICIONES DE VERANO Y SU RELACIÓN CON LOS REMOLINOS DE NÚCLEO CÁLIDO EN LAS REGIONES DE PERDIDO Y COATZACOALCOS, GOLFO DE MÉXICO

García Romero Felipe de Jesús

CICESE

fgarcia@cicese.edu.mx

Los cocolitóforos son productores primarios que viven en la zona eufótica de todas las aguas marinas, presentan placas de carbonato de calcio (cocolitos) que eventualmente son depositados en los sedimentos marinos, por lo que juegan un papel crucial dentro de los ecosistemas marinos y ciclos biogeoquímicos. Se analizaron muestras de la zona eufótica ($< 150\text{ m}$) de tres cruceros realizados en verano (XIXIMI-4, 5 y 6) para conocer las abundancias de cocolitóforos y su relación con las condiciones oceanográficas en las regiones de Perdido y Coatzacoalcos. Se observó una alta variabilidad de las abundancias celulares entre las estaciones y cruceros relacionadas principalmente con la variabilidad de la capa de mezcla, influenciada por las estructuras de meso escala. Las especies de la zona fótica superior se relacionaron principalmente a las condiciones de luz y

temperatura, mientras que las especies de la zona fótica inferior presentaron altas abundancias relacionadas con las concentraciones de nutrientes, principalmente PO₄ (XIXIMI-5). La región de Coatzacoalcas registró mayores abundancias que la región de Perdido. La dinámica de meso escala es controlada principalmente por los remolinos anticiclónicos de núcleo cálido que afectan las condiciones hidrográficas en la zona fótica y por lo tanto las abundancias de los cocolitóforos. Nuestro trabajo proporciona datos valiosos sobre la producción y composición de cocolitóforos, así como la influencia de las condiciones oceanográficas, ayudando a comprender la complejidad de la exportación y secuestro de calcita por cocolitos.

OCE-18

DINÁMICA Y EVOLUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE FANS EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN A PARTIR DE DATOS IN SITU Y SIMULACIONES NUMÉRICAS

Amaro Soris Víctor Luis¹, Kurczyn Robledo Jorge Alejandro², Herrera Silveira Jorge Alfredo³, Alonso Rodríguez Rosalba⁴, Coria Monter Erik⁵ y Enríquez Ortiz Cecilia Elizabeth⁶

¹Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

²Universidad Nacional Autónoma de México

³Departamento de Recursos del Mar, CINVESTAV Mérida

⁴Unidad Académica Mazatlán, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

⁵Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

⁶Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Mérida, UNAM

viamaro123@gmail.com

El fitoplancton en aguas marinas y dulces es necesario para el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos; formando la base de la red trófica. Sin embargo, en algunas ocasiones ocurren proliferaciones de estos organismos que pueden ocasionar disímiles daños, a este fenómeno se le denomina Florecimientos Algales Nocivos (FANs). En la Península de Yucatán se han registrado varios FANs dejando importantes daños en sectores fundamentales de la economía de las zonas pesqueras y turísticas. Afortunadamente los organismos involucrados en esta zona geográfica, no son tóxicos. Para abordar la dinámica y evolución de los FANs en la Península de Yucatán se propuso el modelo basado en individuos: *PlanktonIndividuals.jl*, implementado en el lenguaje de programación Julia y que permite la modelación del ciclo de vida del fitoplancton, considerando además de la circulación oceánica, aspectos fisiológicos y biogeoquímicos en toda la columna de agua. Para la calibración de este modelo en la zona de estudio se escogió el FAN ocurrido en el año 2011 en la Península de Yucatán. Los datos de las velocidades, temperatura y salinidad, se tomaron de las salidas del experimento HYCOM-TSIS GOMB0.01, con una precisión espacial horizontal de 0.01° y 1 hora para el tiempo. Los datos de nutrientes se obtuvieron del producto GLOBAL_MULTIYEAR_BGC_001_029 elaborado por Copernicus Marine Service, con resolución espacial de 0.25° obtenidos para cada día del producto. Los datos fisiológicos se consultaron de la literatura y de datos in situ obtenidos en la zona por campañas oceanográficas. Debido a la importancia de las afluencias de agua subterránea en el aporte de nutrientes cuando ocurren los FANs en la zona de estudio, se incluyeron flujos de nutrientes en la frontera sur, tomados de la literatura para simular los procesos de mezcla de estos en la columna de agua y su interacción con el fitoplancton. Se sembraron 250 000 superindividuos en la zona de estudio como condición inicial, distribuidos proporcionalmente en cada celda de la malla a la concentración de clorofila de la misma. Este experimento se realizó por 15 días consecutivos en 4 momentos distintos del FAN de 2011 para evaluar su desarrollo y evolución.

OCE-19

EFFECTO ESTACIONAL Y DE REMOLINOS DE MESOESCALA EN LA PRODUCCIÓN PRIMARIA NETA DE LA REGIÓN OCEÁNICA DEL GOLFO DE MÉXICO

Velásquez-Aristizábal Jorge Armando¹, Estrada-Allis Sheila Natali¹, Camacho-Ibar Víctor F.², Gómez-Ocampo Eliana² y Villegas-Mendoza Josué²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE

²Universidad Autónoma de Baja California

velasquez.jorge@uabc.edu.mx

La producción primaria neta (NPP) representa la tasa de fijación de carbono que realiza el fitoplancton a través de la fotosíntesis y depende de factores fisiológicos del fitoplancton y de variables físicas y biogeoquímicas del entorno. En este estudio se analizaron datos satelitales (2010–2020) de clorofila, datos del atlas de trayectorias de remolinos de mesoescala, imágenes de altimetría satelital y datos de NPP para determinar la variabilidad espacio-temporal y por efecto de remolinos de mesoescala de la NPP en la zona eufótica del Golfo de México (GM). Los resultados indican que la NPP está principalmente modulada por variaciones estacionales que por remolinos de mesoescala. La NPP mostró una fuerte variación espacio-temporal en el GM (~ 200–600 mgC m⁻²d⁻¹) presentando medias mensuales máximas en invierno (473 mgC m⁻²d⁻¹) y mínimas en verano (273 mgC m⁻²d⁻¹). El incremento de la NPP en el invierno se produjo por la respuesta de los productores primarios al ingreso de nutrientes inorgánicos en la capa eufótica. Por el contrario, la disminución de la NPP durante el verano se presentó como consecuencia de la fuerte estratificación de la capa de mezcla que limitó el ingreso de nutrientes a la zona eufótica. Aunque en menor medida, la NPP también fue influenciada por remolinos ciclónicos (CEs) y anticiclónicos (AEs), indicando que se presentó una mayor tasa de fijación de carbono en CEs, especialmente durante el verano y hacia

el interior del GM. Se encontró que la diferencia en la media mensual de la NPP entre CEs y AEs fue de 47 mgC m⁻²d⁻¹ en aguas oceánicas de todo el golfo, pero la diferencia incrementó a una media de 55 mgC m⁻²d⁻¹ al interior del GM (> 86.74°W). Este resultado indica que la Corriente del Lazo presenta menores valores de NPP, probablemente debido a las características oligotróficas de las aguas caribeñas que ingresan al GM. Sin embargo, se observó un incremento relativo de NPP en los AEs durante el invierno, probablemente relacionado con el mecanismo Eddy-Ekman pumping, y se observó un máximo relativo de NPP durante el verano. El máximo relativo de NPP observado durante el verano estuvo relacionado con la presencia de LCEs en decadencia y AEs formados durante el invierno en la Bahía de Campeche. Estos máximos relativos de NPP están asociados con el incremento en la descarga de aguas enriquecidas en clorofila del río Mississippi durante julio y el posterior transporte hacia la región oceánica. Este resultado indica que el mecanismo eddy-trapping estaría relacionado con la advección de estas masas de agua hacia la región oceánica del GM a través de AEs que se forman durante el verano en dicha región o por LCEs recientemente desprendidos de la Corriente del Lazo. Por lo tanto, es posible que los AEs que atrapan y transportan aguas enriquecidas en materia orgánica muerta y plancton estén favoreciendo la eficiencia de la bomba de carbono en el GM.

OCE-20

ENHANCING SEA SURFACE HEIGHT INTERPOLATION USING SATELLITE-DERIVED CHLOROPHYLL-A AND TEMPERATURE DATA VIA MACHINE LEARNING: A CASE STUDY IN THE GULF OF MEXICO

Zavala Romero Olmo

Department of Scientific Computing, Florida State University

osz09@fsu.edu

Satellite observations provide indispensable data that is assimilated into numerical ocean models to correct errors and biases. Historically, sea surface height (SSH) from satellite altimeter tracks, sea surface temperature (SST), and more recently, sea surface salinity (SSS), have been assimilated into these models. Temperature and salinity are part of the governing equations of ocean dynamics, and SSH is directly derived from the state of the resolved ocean, making these variables a first choice for data assimilation. However, satellite-derived Chlorophyll-a (Chl-a) data, which offer high-resolution information, is not typically assimilated. This is primarily because this variable is not solved by the physical models, and the biochemical models that simulate broader marine ecosystems, including phytoplankton dynamics and nutrient cycles which do estimate Chl-a, are computationally expensive and not used in operational models. In this study, we utilize a ten-year free run of a biochemical ocean model of the Gulf of Mexico to simulate satellite observations (altimeter tracks, SST, SSS, and Chl-a). We then train a machine learning model to learn the relationships between these fields and sea surface height. The trained model is then used to estimate the state of sea surface height from the simulated observations. Our results demonstrate that this method provides better estimates compared to traditional optimal interpolation techniques. Finally, we apply our model to real observations and present a qualitative analysis of the results, highlighting the potential of the improved SSH estimation.

OCE-21

VARIABILIDAD ESPACIAL DE LA ACUMULACIÓN DE CARBONO EN SEDIMENTOS DEL TALUD CONTINENTAL Y LA LLANURA ABISAL DEL GOLFO DE MÉXICO

Contreras Pacheco Yessica¹, Herguera Juan Carlos² y Díaz Ascencio Misael³

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE

²CICESE

³ENES UNAM Mérida

ycontrer@cicese.edu.mx

La acumulación de carbono orgánico en sedimentos marinos es un proceso clave en el ciclo global del carbono, por ser un sumidero de largo plazo de CO₂ atmosférico. La acumulación de carbono orgánico en sedimentos está controlada por la productividad primaria, la dinámica de la columna de agua, las tasas de sedimentación, bioturbación y las condiciones hidrodinámicas en el fondo. Este estudio analiza la distribución espacial y temporal de la acumulación de carbono orgánico en sedimentos de la región abisal del Golfo de México, utilizando muestras obtenidas durante siete campañas oceanográficas XIXIMI entre 2010 y 2019. Se calcularon las tasas de acumulación de carbono orgánico a partir de datos de densidad aparente y tasas de sedimentación, obtenidos mediante datación por AMS ¹⁴C. Los resultados muestran una alta heterogeneidad en la distribución de la acumulación de carbono orgánico, con mayores concentraciones cerca de cañones submarinos y taludes continentales. Además, se cuantificó el almacenamiento de carbono orgánico en la capa bioturbada de los primeros cm de los sedimentos, donde los procesos de alimentación de la fauna benthica actúan como un filtro de la acumulación en el registro geológico. Este trabajo proporciona información valiosa sobre la dinámica del carbono en sedimentos profundos del golfo, esencial para comprender la respuesta de estos ambientes a cambios naturales y antropogénicos.

OCE-22

MICROPLÁSTICOS EN SEDIMENTOS DEL MAR PROFUNDO DEL GOLFO DE MÉXICO

Flores Ocampo Itzamna Zaknite y Armstrong-Altrin John S.
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM
 zaknycampo@gmail.com

Los estudios de microplásticos en sedimentos de ambientes marinos son vitales para entender el impacto ambiental en estos, que albergan una gran diversidad de vida vulnerable a la contaminación. Los efectos de los microplásticos en estas comunidades pueden ser severos, afectando la biodiversidad y las funciones ecosistémicas. Los sedimentos actúan como sumideros de microplásticos, acumulándolos durante períodos prolongados. Durante este tiempo, los microplásticos pueden ser ingeridos por distintos organismos, lo que conduce a la bioacumulación y biomagnificación de contaminantes a través de la cadena alimentaria, llegando hasta los seres humanos. En este estudio, se caracterizaron cinco núcleos (20 cm de largo cada uno) de sedimentos del mar profundo a lo largo del Golfo de México, con profundidades entre 2244 m y 3460 m, para identificar el nivel de contaminación por microplásticos. El objetivo del estudio es caracterizar los microplásticos encontrados a través de sus características fisicoquímicas e identificar su procedencia. La separación de los microplásticos se realizó por densidad, utilizando $ZnCl_2$ como sal. Se realizaron análisis granulométricos para identificar el tipo de sedimento. También se utilizaron espectroscopia infrarroja y microscopía electrónica de barrido para identificar el tipo, tamaño y cantidad de microplásticos presentes en los núcleos muestreados. La abundancia de microplásticos en los cinco núcleos varía entre 5350 y 8500 partículas por kilogramo de sedimento. El tamaño de los microplásticos encontrados tienen un rango que mínimo de 0.03 mm hasta 14.76 mm de longitud. Los colores más abundantes en las muestras fueron, en orden descendente: transparentes, amarillo, azul, morado, rojo y multicolor. Los polímeros identificados incluyeron celofán, poliamida y poliacrilonitrilo, asociados a productos plásticos como empaques de comida, ropa, redes de pesca, cabos y anuncios publicitarios. Se concluye que las principales fuentes de contaminación plástica en el ecosistema marino son las actividades pesqueras y turísticas. La morfología de los microplásticos reveló diferentes texturas en la superficie, la mayoría con niveles altos de degradación por variaciones de pH, temperatura, salinidad, abrasión y rayos UV. Finalmente, al relacionar el tamaño de grano del sedimento y la cantidad de microplásticos acumulados, se concluye que existe una estrecha relación entre ambos factores, influyendo significativamente el tamaño del grano en la acumulación de partículas plásticas.

OCE-23

PATRONES DE MÁXIMA CORRELACIÓN ENTRE EL FLUJO A TRAVÉS DEL CANAL DE YUCATÁN Y LA ESTRUCTURA DE LA CORRIENTE DEL LAZO

Durante Barajas Giovanni, Sheinbaum Julio y Candela Julio
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE
 gdurante@cicese.edu.mx

A partir del análisis de correlación máxima (ACM) determinamos los principales patrones de covariabilidad entre la Corriente del Lazo (CL) y la estructura vertical del flujo a través del Canal de Yucatán entre 2012 y 2023. Para ello, utilizamos 10 años de secciones verticales diarias de la velocidad a lo largo del Canal de Yucatán, obtenidas por el arreglo de anclajes Canek ubicado en la entrada del Golfo de México, alrededor de los 21° N en el Canal de Yucatán. Por otro lado, utilizamos mapas de rapidez geostrofica estimada con altimetría satelital para obtener el estado de la CL durante el periodo de estudio. El primer par de modos de máxima correlación explica el 80% de la correlación al cuadrado, e indica que el patrón principal relaciona a la extensión de la CL con la posición horizontal del núcleo de la Corriente de Yucatán (CY). Por su parte, el segundo modo explica el 11% de la correlación cuadrada, e indica que la geometría del núcleo de la CY está ligada a liberaciones de remolinos de la CL. Además, realizamos compuestos de los puntos críticos de la evolución temporal del segundo modo del ACM, en los cuales encontramos dos tipos persistentes de desprendimientos de remolinos de la CL: Desprendimiento de remolinos de gran tamaño (diámetros mayores a 300 km) que ocurre entre 24 y 25° N, y un patrón de desprendimientos de remolinos de relativo menor tamaño, que ocurren al norte entre los 26 y 28° N. Nuestros resultados resaltan el hecho de que la geometría y posición del núcleo de la CY son los parámetros que más relacionan al flujo a través del Canal de Yucatán con la estructura y evolución de la CL, y no así otros parámetros como el transporte de volumen.

OCE-24

VÍAS DE ADVECCIÓN ISOTÉRMAL ENTRE EL MAR CARIBE Y EL GOLFO DE MÉXICO

Verdugo Homar, Durante Giovanni y Sheinbaum Julio
División de Oceanología, CICESE
 hverdugo@cicese.edu.mx

Realizamos experimentos Lagrangianos durante estados específicos de la corriente de lazo (CL), para analizar el flujo a través del canal de Yucatán e identificar procesos de mezcla y recirculación. Liberamos partículas diariamente en las coordenadas de los anclajes "YUC" de CICESE a lo largo del canal de Yucatán, a la profundidad

de las isotermas de 24°C y 6°C. Para el seguimiento de partículas utilizamos el modelo Opendrift (Dagestad et. al., 2018 <https://doi.org/10.5194/gmd-2017-205>) y para la advección en el espacio 3d utilizamos velocidades (u, v, w) de alta resolución (~1km) provenientes del modelo NEMO "GOLFO108". Como parte de los resultados, presentamos trayectorias 3d obtenidas para partículas liberadas: antes, durante y después del desprendimiento de un remolino de la corriente de lazo (RCL) de gran tamaño. Observamos un incremento en el flujo de partículas hacia el Caribe en ambos extremos del canal durante y después del desprendimiento. Los desplazamientos verticales de las partículas son consistentes con el cambio en profundidad de las isotermas en las que fueron sembradas.

OCE-25

DETECCIÓN Y COMPARACIÓN DE FRENTE SUBMESOESCALERES ENTRE EL MAR CARIBE Y EL GOLFO DE MÉXICO

Correa Pérez Juan Gabriel¹ y Jiménez Mendez Karina²

¹Universidad Autónoma de Baja California

²CICESE

juan.perez81@uabc.edu.mx

Remolinos y filamentos submesoescalares han tomado gran interés en la circulación dinámica del océano debido a los procesos frontogenéticos que favorecen la reestratificación, flujos de calor y gases entre la atmósfera y el océano interior; faltando aun evaluar el efecto biológico que puedan tener en las cuencas oceánicas. En las últimas décadas se han mejorado las alternativas de detección y estudio de estas estructuras submesoescalares con el uso de modelos de circulación oceánica de alta resolución y los sensores remotos. Imágenes satelitales diarias de temperatura superficial del mar, clorofila y el más reciente lanzamiento del SWOT, permitirán detectar con mayor facilidad estos filamentos y remolinos en cuencas oceánicas con gran variabilidad turbulenta como lo son el Golfo de México y el mar Caribe. En este trabajo se implementan nuevas técnicas estadísticas para la detección de filamentos a partir de la SST. Esta detección remota permitirá optimizar la observación in-situ de estos filamentos y cuantificar el efecto físico-biológico que puede tener las estructuras submesoescalares en las circulación oceánica a nivel de cuencas y por qué no global. Tanto las surgencias costeras en el sur del Caribe como la dinámica de remolinos mesoescalares en el GoM generan filamentos y remolinos submesoescalares con gradientes de SST de hasta 0.4 y 0.7 °C/km respectivamente. Estos resultados resaltan la necesidad de mejorar las técnicas de detección de estructuras submesoescalares y predecir sus posibles impactos en los ecosistemas marinos y el cambio climáticos.

OCE-26

ESTUDIO NUMÉRICO DE LA DISTRIBUCIÓN DEL SARGAZO EN EL CARIBE MEXICANO A DISTINTAS RESOLUCIONES

De Santos Medina Ana Lucia, Estrada Allis Sheila Natali y Guerrero Moreno Lorena

División de Oceanología, CICESE

desantos@cicese.edu.mx

El arribo masivo de sargazo a las costas mexicanas supone una problemática ecológica y socioeconómica, por lo tanto, requiere el desarrollo de sistemas de pronóstico eficientes para implementar estrategias de recolección, mitigación y adaptación. En este trabajo se analizó la distribución de sargazo en el Caribe mexicano a través del modelado con partículas lagrangianas alimentadas por modelos hidrodinámicos. Con el fin de evaluar el impacto de la resolución de los modelos en la distribución y pronóstico de las partículas que arriban a la costa del Caribe mexicano, se compararon los resultados de salidas de mallas con dos resoluciones espaciales (1 y 5 km). Se analizaron 2 eventos, uno caracterizado por condiciones de calma y el segundo por el paso de un ciclón tropical sobre la zona de estudio. Se encontró que las trayectorias de las partículas están principalmente influenciadas por las estructuras de mesoescala que dominan la dinámica en el Caribe mexicano i.e. la Corriente de Caimán y la circulación anticiclónica al sur de Cuba. En ambos eventos los experimentos lagrangianos de las dos resoluciones llegaron a costa en zonas similares, con una leve diferencia en cantidad y día de arribo. En particular, las diferencias entre las mallas son mayores en el caso del huracán, con una diferencia porcentual de partículas varadas del 17.55% y un tiempo de arribo de un 1 día. Con base en los resultados, se sugiere que utilizar modelos con resolución espacial de 5 km es suficiente para desarrollar modelos de pronóstico de arribos de sargazo, ya que el comportamiento observado de las partículas es similar al del modelo de 1 km. Además, se discuten posibles mejoras de los pronósticos oceánicos bajo condiciones de eventos extremos como huracanes.

OCE-27

TRAYECTORIAS DIRECTAS QUE TRANSPORTAN SARGAZO EN EL MAR CARIBE OCCIDENTAL

Gutiérrez González Nelly Grethel y Sheinbaum Julio

División de Oceanología, CICESE

grethel@cicese.edu.mx

Los problemas ocasionados por las recurrentes arribaciones de sargazo a las costas del Caribe Mexicano generan la necesidad de gestionar y, en términos de lo que compete a este trabajo, anticipar los caminos que transportan sargazo desde el

Mar Caribe hasta las costas. Se obtienen trayectorias de partículas de pseudo-sargazo en el Mar Caribe, utilizando datos horarios de reanálisis para vientos (ERA5) y diarios para corrientes (Glorys12). La configuración empleada como condición inicial son mallas diarias de cuadrículas con resolución de 1° llenas con 10,000 partículas uniformemente distribuidas. Se deja evolucionar a las partículas con datos correspondientes al año 2021 durante 15 días. Las trayectorias obtenidas se emplean para obtener matrices de transición de probabilidades a escala mensual y estacional, con las cuales es posible obtener las distribuciones más probables de sargazo a lo largo del año, dada una distribución inicial. Haciendo uso de la Teoría de Caminos de Transición, se obtienen ciertas cantidades estadísticas de interés, que revelan las trayectorias que transportan sargazo más directamente hasta las costas del Caribe, siendo uno de los caminos más recurrentes el correspondiente a la corriente de Yucatán.

OCE-28

AUMENTO DEL FLUJO VERTICAL DE NUTRIENTES POR MEZCLA DIAPICNA EN LA PERIFERIA DE UN REMOLINO DE AGUA MODAL

Estrada Allis Sheila Natali¹, Aguiar González Borja²,
Rodríguez Santana Angel² y Arístegui Javier³

¹División de Oceanología, CICESE

²Oceanografía Física y Geofísica Aplicada OFYGA, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España

³Instituto de Oceanografía y Cambio Global, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
sheila@cicese.mx

Se muestreó intensivamente y de forma interdisciplinaria un remolino de agua modal del Corredor de remolinos de Canarias en el Atlántico noreste subtropical, con medidas de CTD, SADCP, nutrientes, fitoplancton y perfilador de microestructura turbulenta. De esta manera fue posible investigar la mezcla diapicna a lo largo de un transecto meridional cruzando el remolino mesoescalar y su impacto en el transporte vertical de nutrientes y aumento de la productividad primaria en un océano oligotrófico. Observamos un aumento de mezcla diapicna en la periferia del remolino consistente con un incremento de tasas de disipación de energía cinética turbulenta. Nuestro análisis revela que esta mezcla esta conducida principalmente por tres fuentes de energía cinética turbulenta o TKE: (i) convección nocturna, (ii) cizalla o corte vertical en la base de la capa de mezcla (MLD), y (iii) agitación mecánica por el esfuerzo del viento. Debido a la característica forma de domo de las isopícnas en las capas superficiales del remolino, la capa de mezcla activa (MLDX), donde la mezcla activa ocurre, es siempre mas profunda que la MLD, resultando en un aumento de entrainment turbulento y, por lo tanto, de mezcla activa a lo largo del remolino de agua modal, particularmente en la periferia. El mecanismo físico detrás de este resultado es el desarrollo de una zona de entrainment positiva, es decir, donde la MLDX es mas profunda que la MLD, la cual crea óptimas condiciones para el aumento de la mezcla turbulenta en la pínoclina. De esta forma, la fuerte estratificación debajo de la MLD puede ser fácilmente vencida en estas regiones. El resultado final es la erosión de la MLD y una subsecuente redistribución de nutrientes y trazadores en la capa fótica incluso mas eficiente que las velocidades verticales ageostroficas. Cabe destacar que la extensión vertical de la zona de entrainment debe ser adecuada ya que, en ausencia de intensas fuentes de energía cinética turbulenta (p.e. rotura de ondas internas), la mezcla podría no erosionar eficientemente la pínoclina en un gran volumen de agua, como en el centro del anticiclónico, previniendo el crecimiento de velocidades diapicnas. Se concluye que el aumento de mezcla diapicna y entrainment en la periferia del remolino, con el correspondiente incremento de variables bioquímicas, contribuye al aumento de producción primaria en este tipo de remolinos, propagándose hacia el oeste dentro de las oligotróficas aguas del Atlántico noreste subtropical.

OCE-29

TO THE NORTH WITH THE GULF STREAM: OCEAN DYNAMICS AROUND ICELAND

Ruiz-Angulo Angel¹, De Marez Charly¹, Le Corre Mathieu² y Gula Jonathan³

¹University of Iceland

²Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, Brest, France

³Univ Brest, CNRS, IRD, Ifremer, Laboratoire d'Océanographie
Physique et Spatiale (LOPS), IUEM, Plouzané, France
angel@hi.is

Iceland is a crossroad for the Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC), with surface Atlantic warmer travelling North and deep-water mass formed in the (sub-)Arctic Ocean overflowing into the North Atlantic. The pathway of the currents carrying the bottom water masses is still under debate due to a lack of observations. Using state-of-the-art numerical simulation, we first present in detail the pathway of the bottom currents in the specific area South of Iceland; secondly, we unveil the importance of mesoscale activity for the dynamics and the local stratification using novel SWOT satellite altimetry. Moreover, the steadily warming surface waters of the northeastern Atlantic over the recent decades use vertical eddy fluxes as pathways to the deeper layers suggesting that warming of the lower limb of the AMOC may be occurring at hotspots such as the Iceland-Faroe Ridge. These results have strong implications for the local biodiversity, to maintain benthic species and trigger spring phytoplankton blooms.

OCE-30

INFLUENCIA DEL CORTE DEL VIENTO EN LA TRANSFERENCIA DE ENERGÍA SOBRE REMOLINOS OCEÁNICOS CIRCULARES Y ELÍPTICOS

Zavala Sansón Luis

División de Oceanología, CICESE

lzavala@cicese.mx

Un problema fundamental de la interacción océano-atmósfera es la forma funcional del esfuerzo del viento, la cual se desconoce porque depende de la compleja estructura de la interfase agua-aire, además de su carácter altamente turbulento. Una parametrización ampliamente utilizada en las últimas décadas consiste en una función cuadrática de la velocidad relativa entre los dos fluidos, la cual implica que los movimientos oceánicos alteran al esfuerzo del viento (es decir, se tiene un efecto de retroalimentación de las corrientes marinas en el esfuerzo). En este estudio se examina en forma teórica el papel de dicha parametrización en la transferencia de energía generada por un viento unidireccional con corte horizontal constante sobre vórtices ciclónicos y anticiclónicos de mesoescala. Se demuestra que la transferencia de energía sobre vórtices circulares y elípticos es una función lineal del corte del viento y una función cuadrática de la intensidad del vórtice. Además, la entrada de energía en vórtices elípticos depende de su orientación con respecto a la dirección del viento. En general, los resultados proporcionan argumentos para discutir los efectos de retroalimentación en presencia de vientos no uniformes y vórtices no circulares. Varios trabajos anteriores han argumentado que tales efectos necesariamente generan un trabajo negativo del viento que debilita a los vórtices. Sin embargo, aquí se muestra que el signo de la transferencia de energía depende del corte del viento y los parámetros del vórtice, y que por lo tanto se puede debilitar a los remolinos en algunos casos pero intensificarlos en otros.

OCE-31

ESTELA DE CICLONES TROPICALES EN LA SUPERFICIE DEL OCÉANO: TEMPERATURA Y CORRIENTES SUPERFICIALES OBTENIDAS DE COINCIDENCIA ESPACIO-TEMPORAL DE FLOTADORES Y TRAYECTORIA DE HURACANES

Espinosa Ramirez Alejandro Camilo y Silva Peñaloza Isaías

Universidad de Guadalajara

acamilo.espinosa@gmail.com

El pronóstico de la trayectoria e intensidad de ciclones tropicales es de suma importancia para la prevención de pérdidas en poblaciones costeras. En ese sentido, es innegable la importancia de la capa superficial del océano en la intensificación de los ciclones e incluso en la trayectoria más probable que pueden tomar. Por otro lado, desde hace varias décadas, es sabido que el paso de un ciclón deja una estela de agua fría detrás de él. Recientemente, este fenómeno ha sido observado soltando derivadores cerca de huracanes con aeronaves diseñadas para soportar los vientos intensos. Otra forma de observar estas estelas es mediante derivadores superficiales que no fueron liberados para este propósito pero que en su vida útil se acercaron a un ciclón. Este es el caso de estudio de este trabajo. Utilizamos derivadores superficiales para observar la temperatura superficial y las corrientes oceánicas en un radio de 500 km alrededor de huracanes a lo largo de más de 25 años. Nuestro trabajo reafirma la distribución de estas dos variables alrededor de los ciclones de categoría tres o mayor. Es decir que la temperatura detrás del huracán es menor; en específico, en el cuadrante derecho, detrás del huracán, la temperatura es más baja. La rapidez de las corriente también es susceptible al cuadrante en el cual se midió; si se obtuvo en el cuadrante derecho, detrás del huracán, las corrientes son más intensas. Finalmente, este trabajo nos abre la posibilidad de realizar un estudio numérico de las corrientes superficiales alrededor de huracanes utilizando partículas inerciales en la interfaz océano-atmósfera.

OCE-32

IMPLEMENTACIÓN DE ESTRUCTURAS COHERENTES EN EL TRANSPORTE LAGRANGIANO

Quintana Barranco Ricardo Andrés

Universidad Nacional Autónoma de México

ricardoandres551@hotmail.com

La dinámica de fluidos geofísicos en lo que respecta a la circulación oceánica, se caracteriza por múltiples patrones que ocurren en diferentes escalas espacio-temporales, por lo que resulta complejo entender el comportamiento de los océanos. Una forma de determinar estos patrones es mediante el estudio del transporte derivado de esta dinámica. El reciente desarrollo de técnicas matemáticas como lo son las estructuras coherentes eulerianas y las estructuras coherentes lagrangianas aplicadas a sistemas dinámicos, han permitido identificar patrones distintivos que actúan como barreras de transporte en los fluidos geofísicos, hecho que amplía la comprensión de muchos de los comportamientos que ocurren en la circulación oceánica. Esta técnica de análisis tiene diversas aplicaciones relacionadas con el transporte de objetos que se desplazan debido al movimiento de los océanos. Ejemplos de su aplicación son: el seguimiento de derivadores superficiales, derrames de hidrocarburos, operaciones de salvamento y el transporte de algas

marinas, por mencionar algunos. Este esfuerzo académico tiene por objeto utilizar la teoría de las estructuras coherentes para evaluar el transporte de hidrocarburos y algas marinas que ocurre en la capa superficial del océano.

OCE-33

ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA TURBULENCIA GENERADA POR EL MOVIMIENTO DE OLAS QUE AUN NO ROMPEN EN PRESENCIA DE UNA ESTRUCTURA DE REJA

Hernández Olivares Aldo Omar, Torres Freyermuth Alec y Rendón Valdez Camilo Sergio

Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, UNAM, Unidad Sisal, Yucatán

aldoolivares770@gmail.com

Se realizarán ensayos de laboratorio en el canal de oleaje del Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros de la Universidad Nacional Autónoma de México, Unidad Académica Sisal Yucatán. El objetivo es analizar la turbulencia generada por la interacción entre las velocidades orbitales asociadas al movimiento de oleaje progresivo y una estructura de reja cuadrículada, su relación con la pendiente en las olas y su atenuación. El canal de oleaje tiene dimensiones de 40 m largo, 1.27 m de alto, y 0.8 m de ancho, y consta de un generador de olas unidireccional de segundo orden con absorción activa. Se ensayarán diferentes grupos de olas monocromáticas con diferentes pendientes entre 0.017 y 0.272, en condición de aguas profundas (80 experimentos) con una duración de 3 minutos. El nivel del agua se mantendrá con un valor constante ($h = 0.80$ m), suficiente para la obtención de oleaje en condición de aguas profundas con base en los parámetros de las olas. Empleando una estructura de playa compuesta de polietileno de alta densidad, con una superficie revestida con pasto sintético, se eliminará o reducirá al mínimo insignificante cualquier posible reflexión del oleaje. Una estructura de reja cuadrada será colocada a lo ancho del canal a una distancia aproximada a la mitad del largo del canal. La estructura de reja tiene un ancho de aprox. 0.8 m con una altura de 1.0 m, y cada espacio en la reja tiene un área de 1.0 m X 1.0 m. Dos sondas de nivel resistivo serán colocadas a 0.50 m previo y posterior a la posición de la estructura, donde 1.00 m es mayor a la mayor longitud de onda de las olas que se generaran (0.92 m). A una distancia de 0.05 m posterior a la estructura de reja, se colocará un velocímetro acústico de alta frecuencia (Vectrino Profiler de cable flexible, Nortek) mirando hacia arriba, con lo que se resolverá un rango de perfilamiento (0.03 m) de las componentes u , v , y w de las velocidades, con cierta proximidad a la superficie del agua (0.035 m) sin perturbarla y sin que el volumen de control quede expuesto durante el paso de los valles de las olas. Se buscará identificar el sub-rango inercial en los auto-espectros en frecuencia de cada una de las componentes asociadas a la turbulencia de la velocidad para toda profundidad medida. Se tratará de identificar una relación en la intensidad de las componentes turbulentas y la Tasa de Disipación de Energía Cinética turbulenta (TDECT), con la pendiente en el oleaje. Se determinará la isotropía entre las componentes turbulentas. Se examinará la atenuación del oleaje en relación con la TDECT. Por último, se compararán los resultados obtenidos con aquellos resultados de trabajos previos sobre la turbulencia asociada al simple movimiento de olas que aún no rompen. Este trabajo se realiza con el apoyo del CONAHCYT a través del programa de estancias posdoctorales por México.

OCE-34

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE LA INFLUENCIA DE LLUVIA VERTICAL EN LAS CARACTERÍSTICAS DEL OLAJE PROGRESIVO Y EN LA TURBULENCIA RELATIVA A SU MOVIMIENTO ORBITAL

Hernández Olivares Aldo Omar, Torres Freyermuth Alec y Rendón Valdez Camilo Sergio

Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, UNAM, Unidad Sisal, Yucatán

aldoolivares770@gmail.com

Se realizarán ensayos de laboratorio en el canal de oleaje del Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros de la Universidad Nacional Autónoma de México, Unidad Académica Sisal Yucatán. El objetivo es analizar la turbulencia generada por la interacción entre las velocidades orbitales asociadas al movimiento del oleaje progresivo al interactuar con lluvia que cae verticalmente sobre la superficie del agua. Específicamente, se evaluará su relación con la pendiente y la atenuación del oleaje. Asimismo, se busca identificar la formación de ondas gravito capilares y capilares (ripples). El canal de oleaje tiene dimensiones de 40 m largo, 1.27 m de alto y 0.8 m de ancho, y consta de un generador de olas unidireccional de segundo orden con absorción activa. Se ensayarán diferentes grupos de olas monocromáticas con diferentes pendientes (0.017-0.272) en condición de aguas profundas, con una duración de 3 minutos. Empleando una estructura de playa compuesta de polietileno de alta densidad, con una superficie revestida con pasto sintético, se eliminará o reducirá al mínimo insignificante cualquier posible reflexión del oleaje. Un conjunto de 12 regaderas con dimensiones de 0.20 m x 0.20 m, será colocado en un arreglo de 3 x 4 a una altura de 0.5 m sobre lo alto del canal y a 20 m de lo largo, permitiendo cubrir una zona de 0.60 m a lo largo del canal y 0.80 m a lo ancho. Justo debajo y a la mitad del área de incidencia de la lluvia, se montará un velocímetro acústico de alta frecuencia (Vectrino Profiler de cable flexible, Nortek) mirando hacia arriba, permitiendo resolver un rango de perfilamiento (0.03 m) de las componentes u , v , y w de las velocidades, con cierta proximidad a la superficie del agua (0.045 m) sin perturbarla y sin que el volumen de control quede expuesto durante el paso de los valles de las olas en combinación con la penetración de las gotas de lluvia. Una sonda de nivel resistivo será colocada a 0.80 m previo al área

de incidencia de lluvia y una segunda sonda a 0.40 m posterior al área mencionada. Un segundo Vectrino Profiler, será colocado a una misma distancia que la segunda sonda de nivel. Se buscará identificar el sub-rango inercial en los auto-espectros de las componentes asociadas con la turbulencia. Se analizará la isotropía de la turbulencia, la intensidad de sus componentes y su Tasa de Disipación de Energía Cinética Turbulenta (TDECT), buscando identificar alguna relación con la pendiente y longitud de onda en el oleaje. Se analizará la atenuación del oleaje en relación con la TDECT, como también el posible incremento de energía en altas frecuencias que corresponden a ripples, y su relación con la pendiente y longitud de onda del oleaje. Se determinará las velocidades instantáneas y turbulentas asociadas a los ripples. Este trabajo se realiza con el apoyo del CONAHCYT a través del programa de estancias posdoctorales por México.

OCE-35

DEEP WATER FORMATION RESPONSE TO THE 2018 SUDDEN STRATOSPHERIC WARMING EVENTS

Argáez García Carlos¹, Albretsen Jon², Ruiz Angulo Angel³, Cana Cascallar Luis⁴ y Pérez Hernández María Dolores⁴

¹Instituto de Ingeniería, UNAM

²Institute of Marine Research, Norway

³University of Iceland

⁴Instituto de Oceanografía y Cambio Global, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

cargaez@iingen.unam.mx

Sudden Stratospheric Warming (SSW) events can divide the polar vortex or displace it. Using the methodology of Charlton and Polvani (2007) that considers the zonal mean of zonal winds at 60°N and 10hPa and an Regional Ocean Modeling System (ROMS), specifically designed for the Icelandic Exclusive Area (IEA), this study analyzes the SSW downward effect of the 2018 split SSW events that took place. The ROMS model is built with 35 vertical layers and accounts for 14 main rivers around Iceland's geography. Further, it is fed with atmospheric data from ERA, ocean input data from the GLORYS reanalysis, and TPXOV9, which incorporates 8 main tidal components. Our findings demonstrate that three months after the SSW 2018 event, the positive stratospheric anomalies weaken. This leads to an early March period of persistent downward vertical flux from the stratosphere towards the surface and a cold anomaly at the surface (1000hPa). The cool atmospheric anomaly matches with negative sea surface temperature anomalies and large ocean-atmospheric radiation fluxes. Hence cool sea surface anomalies develop and generate large mix-layers within days that lead to strong negative peaks of dense water south east and west of Iceland. Furthermore the diversion of storm stacks is also a focus of study due to the large radiation fluxes.

OCE-36

AMPLIFICACIÓN DE LA CASCADA DIRECTA DE ENERGÍA CINÉTICA POR EL ACOPLAMIENTO OCÉANO-ATMÓSFERA

Campos Gonzales Fernando Eder¹, Torres Héctor S.², Gómez-Valdés José¹ y Pérez Quintana César Antonio³

¹División de Oceanología, CICESE

²Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology

³Instituto de Hidráulica Ambiental, Universidad de Cantabria

fcampos@cicese.edu.mx

La interfaz aire-mar es un componente clave del sistema climático de la Tierra, ya que ahí ocurre el intercambio de momento, calor, masa y gases entre el océano y la atmósfera. Estos intercambios, gobernados por procesos físicos, químicos y biológicos, suceden a diferentes escalas temporales y espaciales. En este estudio buscamos comprender como los vientos superinerciales, es decir, aquellos con frecuencias mayores a la frecuencia inercial, generados por el acoplamiento océano-atmósfera, impactan al intercambio de energía cinética entre escalas espaciales. Para ello, realizamos un análisis comparativo en el espacio físico y espectral entre dos simulaciones globales con resolución espacial de 1/24o y salidas horarias que comparten la misma configuración oceánica, pero se diferencian en dos puntos clave: 1) el acoplamiento océano-atmósfera y 2) las escalas del viento superficial que fuerza al océano. La primera simulación, denominada COAS (Coupled Ocean-Atmosphere Simulation), considera los efectos termodinámicos y mecánicos en el acoplamiento océano-atmósfera, tales que inducen la generación de variabilidad superinercial en el campo de viento. La segunda simulación, la que denominamos Ocean-forced, considera solo el efecto mecánico del acoplamiento océano-atmósfera lo que resulta en una transferencia de energía cinética entre la atmósfera y el océano que puede forzar o amortiguar corrientes a diferentes escalas. Nuestros resultados se enfocan en la región de la extensión de la Corriente de Kuroshio, caracterizada por la presencia de remolinos de mesoescala (100-300 km de diámetro), submesoescala (1-50 km de diámetro) y ondas internas. Dos resultados claves son enfatizados: 1) un incremento en la variabilidad submesoescalar en COAS comparado con Ocean-forced y 2) una amplificación en la amplitud de la cascada directa de energía cinética, por un factor de dos, en la simulación COAS. Al aplicar un filtro dinámico basado en la relación de dispersión de las ondas internas gravitatorias, se logró discriminar dos tipos de movimientos: balanceados (gobernados, principalmente, por el balance geostrófico y de viento gradiente) y de ondas internas. Nuestros resultados revelan que los movimientos balanceados superinerciales son los responsables de la amplificación

en la cascada directa de energía cinética en la simulación acoplada, a través de una amplificación en la componente divergente del campo de velocidad.

OCE-37

CARACTERIZACIÓN DE LA CIRCULACIÓN RESIDUAL Y DE LA ASIMETRÍA DE LAS MAREAS EN LA REGIÓN DE LAS GRANDES ISLAS DEL GOLFO DE CALIFORNIA A PARTIR DE UN MODELO BAROTRÓPICO BIDIMENSIONAL

Bermúdez Romero Anahí¹, Magar Vanesa¹, López Manuel¹, De Basabe Jonas² y Zamudio Luis³

¹División de Oceanología, CICESE

²CICESE

³Center for Ocean-Atmospheric Prediction Studies

abermudez@cicese.edu.mx

La energía mareomotriz es una de las pocas energías renovables marinas con suficiente madurez tecnológica para su explotación comercial. Sin embargo, existen algunos parámetros que limitan su explotabilidad, tales como un mínimo de rapidez, el grado de turbulencia, o la asimetría de la marea, por mencionar algunos. Estos factores son particularmente importantes en regiones donde la rapidez de las corrientes de marea no es tan alta como en sitios de primera generación del mar del Norte, como es el caso, en general, del Golfo de California (GC). Este trabajo se enfoca en la caracterización de las corrientes de marea y la corriente residual que generan, incluyendo el análisis de la asimetría de la marea, en la región de las grandes islas (RGI) del GC. Para alcanzar este objetivo se configuró el modelo barotrópico Delft3D FM en el GC, con una malla flexible no estructurada, y una resolución variable de 500 m en las regiones profundas y 10 m en regiones someras (costeras). Se realizó una simulación para el año 2020 con este modelo 2D forzado por 75 componentes de marea en la boca del GC. El modelo fue validado con mediciones in-situ obtenidas con 4 estaciones mareográficas midiendo elevación del nivel del mar y 4 perfiladores acústicos, o ADCPs, midiendo corrientes de marea. Se analizaron indicadores de energía como la rapidez (U) y la densidad de potencia (TPD), y se estableció un valor mínimo de 0.5 m s⁻¹ de rapidez para delimitar zonas de interés para la evaluación del recurso energético, así como un límite de profundidad máxima de 100m. Se encontraron valores máximos de U y TPD en la Zona de las Grandes Islas (GI), en sitios específicos, o 'hotspots', que coinciden con sitios encontrados en estudios previos. Se discute el patrón de circulación alrededor de la Isla Tiburón (IT), Isla Ángel de la Guarda (IAG), Isla San Esteban (ISE) e Isla San Lorenzo (ISL), las cuatro regiones en donde se observó el mayor potencial energético, y se determinó que el canal entre la IT y la ISE cuenta con el mayor recurso, basado en los resultados teóricos y técnicos obtenidos hasta ahora. Se seleccionaron diferentes puntos alrededor de las Islas para describir características de la marea como la asimetría, y cómo esta afecta el recurso. Encontramos que los puntos alrededor de ISE son particularmente importantes ya que presentan los valores más grandes TPD en la zona de las GI, con predicciones del modelo del orden de 500-1000 W/m². Se realizaron mediciones in-situ para complementar la caracterización; ISEs y ISEd, colocados a 15 y 60 m de profundidad respectivamente. Se observó una producción de 1200 W/m² en ISEs, y 400 W/m² en ISEd. El análisis de los perfiles verticales y la asimetría de la marea en la vertical muestra la importancia de la implementación de modelos 3D en futuras investigaciones.

OCE-38

LA MISIÓN SURFACE WATER AND OCEAN TOPOGRAPHY (SWOT) ENFOCADA A MARES MARGINALES

Pérez-Corona Yuritzy¹, Gómez-Valdés José¹ y Torres Héctor S.²

¹División de Oceanología, CICESE

²JPL NASA

yuricorona@gmail.com

La altimetría satelital es una técnica ampliamente conocida para estudiar la dinámica oceánica a través de la medición precisa de la altura de la superficie del mar. La misión Surface Water and Ocean Topography (SWOT) representa un avance significativo con respecto a la misión Topex/Poseidon, al ofrecer observaciones de alta resolución en 2D que permiten el estudio de dinámicas oceánicas a escalas submesoescalares (1-50 km), lo cual antes no era posible. Sin embargo, dado que la misión SWOT muestrea cada 21 días, para abordar los desafíos de la dinámica submesoescalar, donde las variaciones temporales ocurren en horas o días, se requiere al menos una variable complementaria de alta resolución espaciotemporal, como la temperatura de la superficie del mar. En comparación con la oceanografía satelital de mar abierto, los mares marginales, al estar parcialmente cerrados, representan un reto adicional para los estudios que combinan varias variables derivadas de satélite. El Golfo de California, por su geografía y condiciones climáticas, ofrece un entorno ideal para estudiar la relación entre la altura de la superficie del mar y la temperatura de la superficie del mar utilizando datos satelitales de alta resolución. Estudios previos han mostrado la complejidad de las dinámicas en esta región, tales como remolinos, frentes y ondas internas gravitatorias, que tienen un impacto significativo en el ecosistema. En este contexto, explorar la interacción entre estos fenómenos en el Golfo de California permitirá una mejor comprensión de la circulación oceánica y sus efectos en procesos biogeoquímicos clave. En esta ponencia, abordamos un objetivo particular: el problema de la resolución de las observaciones altimétricas convencionales en mares marginales estrechos (menos

de 200 km de anchura, digamos) y mostramos algunos rasgos submesoescalares detectados por la misión SWOT en el Golfo de California.

OCE-39

IMPACTO DE EVENTOS DE CALOR MARINOS EXTREMOS EN LA DINÁMICA DEL FRENTE DE ENSENADA: UN ANÁLISIS A PARTIR DE DATOS REMOTOS

Castro Castañeda Jorge, Alvarado Graef Patricia, Arreguín Rodríguez Gabriela de Jesús, Fernández Díaz Violeta Zetzangari y Mejía Piña Karla Gabriela

Universidad Autónoma de Baja California

jorge.castro89@gmail.com

El frente de Ensenada, una estructura oceanográfica semipermanente del Sistema de la Corriente de California, se caracteriza por un fuerte gradiente de temperatura superficial (SST) y concentración de Clorofila a (Chl-a). Esta estructura se ve significativamente afectada por eventos de calor marinos extremos (MHWs). El presente estudio analiza los cambios en la posición, intensidad y forma del frente durante los MHWs de 2013 y 2019 con base en el análisis de la variabilidad de SST y Chl-a. Para ello, se utilizaron datos diarios provenientes de sensores remotos de SST (NOAA Optimal Interpolation, 1982 a 2023) con una resolución espacial de 0.25° x 0.25° y de concentración de Chl-a calculada a partir de reflectancias semanales con resolución de 0.083° x 0.083° provenientes del Servicio Nacional de Información Marina Copernicus (1997 a 2023). La base de datos de temperatura se utilizó para calcular el ciclo estacional del frente de Ensenada y su variabilidad interanual. Posteriormente, se analizaron las anomalías presentes durante estos dos MHWs. Los datos de clorofila se utilizaron para coadyuvar a la correcta identificación y caracterización de dicha estructura. Los resultados muestran un desplazamiento promedio hacia el sur del frente durante ambos eventos, así como una disminución en la intensidad del gradiente de clorofila. En el caso del MHW de 2013, se observó la desaparición temporal del frente. Estos hallazgos sugieren que los MHWs tienen un impacto considerable en la estructura y dinámica del frente de Ensenada, con implicaciones importantes para los ecosistemas marinos y la productividad pesquera de la región.

OCE-40

OBSERVACIONES DE FLUJOS SUBMESOESCALARES EN LA REGIÓN MÁS FRÍA DEL PACÍFICO BAJACALIFORNIANO

Gómez-Valdés José, Miranda Luis Erasmo, Pérez Sampablo Laura Marcela, Pérez-Corona Yuritzy, Ashida Hernández Eduardo y Aparco Lara Jonathan

División de Oceanología, CICESE

jgomez@cicese.mx

Para simular correctamente el clima de la Tierra es necesario usar modelos que permitan las interacciones entre las escalas oceánicas más energéticas: escala grande, mesoescala y submesoescala. La dinámica del océano submesoescalar tiene escalas espaciales de longitudes de onda del orden de metros a 50 kilómetros y escalas temporales del orden de horas a días. Si bien el Pacífico bajacaliforniano ha sido estudiado por muchos autores, sobre todo los efectos de la escala grande y de la mesoescala, falta registrar observaciones de estructuras submesoescalares. Con el fin de rastrear estructuras térmicas y salinas de escala submesoescalar en una región de surgencias costeras, en noviembre de 2023, abril y junio de 2024 se llevaron a cabo cruceros oceanográficos frente a Punta Colonet, Baja California, la región más fría del Pacífico bajacaliforniano. Con el mismo fin, analizamos mapas de tres productos de la temperatura superficial del mar: Multi-scale Ultra-high Resolution (MUR), Operational Sea Surface Temperature and Ice and Analysis (OSTIA) y Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS). En este trabajo, discutimos los mapas de los cruceros y los mapas de la temperatura de la superficie del mar de los productos satelitales mencionados y hacemos un análisis de los pases del satélite Surface Water and Ocean Topography (SWOT) sobre la región de estudio. Observamos frentes y flujos curvos submesoescalares. Este proyecto fue parcialmente financiado por API-BC (Ref. CICESE 622903).

OCE-41

ENERGÍA A LO LARGO DEL CAÑÓN SUBMARINO DE PUNTA BANDA

Mitre Andrea¹, Estrada Allis Sheila¹, Ramos Musalem Karina¹, López Mariscal Manuel¹, Pérez Brunius Paula¹ y Waterhouse Amy²

¹División de Oceanología, CICESE

²Scriptus Institution of Oceanography

mitre@cicese.edu.mx

Los cañones submarinos son incisiones en la plataforma continental que, debido a la inclinación de sus paredes y reducción de tamaño en dirección a la costa, se ven relacionados con procesos de generación y reflexión de mareas internas. Fueron identificados como zonas de intercambio de propiedades químicas, biológicas y físicas entre la plataforma continental y mar profundo. Sin embargo, a pesar de que cubren el 15% de los márgenes continentales, la mayoría de los estudios se centra en solo 11 cañones. El cañón de Punta Banda, localizado en la salida sur de la Bahía de Todos Santos en Baja California, no forma parte de estos 11 cañones y se desconocen los procesos físicos que lo afectan, así como su relevancia ecológica.

Estudios previos a series de temperatura y corrientes de tres anclajes localizados en el cañón, dieron como resultado que la mayor parte de la energía está contenida en la frecuencia de marea M2 y los parámetros de la elipse de marea indicaron una estructura vertical baroclínica. Estas características favorecen la presencia de marea interna. Sin embargo, se desconoce la estabilidad de la columna de agua y si la marea interna genera mezcla en el cañón. En este trabajo, mediante el cálculo de la energía cinética, potencial disponible y la cizalla vertical se busca complementar la descripción de las corrientes en el cañón desde el punto de vista energético. Los cálculos preliminares de cizalla vertical muestran valores relativamente altos mayores a 6×10^{-5} s-2 entre los 150 y 250 m. Este resultado coincide con que a estas profundidades la batimetría cambia drásticamente debido a la presencia del cañón y con un posible debilitamiento de la estratificación, favoreciendo a los procesos de mezcla vertical. Finalmente, se discute el balance energético del cañón de la Bahía Todos Santos y su implicación con ondas internas de marea.

OCE-42

EFFECTS OF THE SEBASTIÁN VIZCAÍNO BAY AND BATHYMETRIC IRREGULARITIES ON THE GENERATION AND PROPAGATION OF COASTAL TRAPPED WAVES

Thelandersson Amelia^{1,2} y Ramos Musalem Karina²¹Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM²División de Oceanología, CICESE

amelia.th@hotmail.com

In 2014, Verdy et al. identified the Sebastián Vizcaino bay (SVB), a large coastal feature on the Baja California Peninsula, to be a source of sea surface height (SSH) variability many kilometres further north along the Southern California coast. Later, in 2023 Ramos-Musalem et al. showed that the bay is a source of energy generating, among other waves, northward travelling coastal trapped waves (CTWs). This project aims to further characterize the effects of the SVB and other bathymetric features on the generation and propagation mechanisms of CTWs. Idealised numerical simulations are generated with the Massachusetts Institute of Technology general circulation model. The simulations are varied by including and excluding the bay and applying varied scales of smoothness on the otherwise realistic bathymetry. A short, impulsive wind event is used as initial forcing over the area from 27°N on the Baja California Peninsula up to 35.3°N, in the Southern California Bight, using homogenous stratification. Code by Kenneth Brink (2018), with the purpose of numerically classifying linearised CTWs, is used to find expected and allowed wave modes in the domain. Using key information from these calculations the MITgcm output signal in SSH and vertical velocity was filtered. This resulted in a clear signal with CTW characteristics: a period of roughly 1 day, phase speeds between 0.2-1.5 m/s and wavelengths around 30-150 km. Smoother bathymetry results in faster waves containing higher energy and less variation along the coast. Variations in characteristics are attributed to uneven bathymetry. Although characteristics from the numerical calculation agree with the MITgcm output, the non-linear variation caused by bathymetric changes is deemed too significant to claim that the linear numerical calculation can represent the observed wave behaviour. The project will continue interpreting the resulting characteristics and classifying the challenges when modelling complex bathymetry.

OCE-43

ESCALAS DE VARIABILIDAD DE LA ACTIVIDAD FRONTAL Y SU RELACIÓN CON LA CLOROFILA EN LA CONVERGENCIA TROPICAL-SUBTROPICAL DEL PACÍFICO FRENTE A MÉXICO

Ruvalcaba Aroche Erick Daniel¹, Beier Emilio¹ y Sánchez-Velasco Laura²¹CICESE - Unidad La Paz²CICIMAR-IPN

ruvalcaba.erick@uabc.edu.mx

El brazo tropical de la Corriente de California (BTCC) fluye hacia el ecuador y converge con aguas de origen tropical en la convergencia tropical-subtropical frente a México. Esta región es una zona prolífica de estructuras de mesoescala, las cuales han sido escasamente descritas. El objetivo de presente trabajo es describir la estructura vertical de frentes térmicos en el BTCC durante dos estaciones contrastantes (primaveras y otoños). Así como evaluar las escalas de variabilidad de la actividad frontal y sus efectos en la clorofila-a, derivada de productos satelitales, como indicador de la productividad en la región. Las observaciones mostraron que los frentes de primavera tienen una estructura vertical definida con una termoclina inclinada, asociados a la zona de mayor corriente geostrofica, mientras que en otoño los frentes no presentaron una estructura vertical definida y se asociaron a bordes de remolinos. Los frentes no presentaron una compensación de la densidad, a pesar del intenso gradiente salino de la región. Los frentes observados por el satélite fueron persistentes a lo largo del año cerca de la costa, asociados a la surgencia costera. Mientras que la región oceánica al sur de Cabo San Lucas presentó una alta actividad frontal en la primavera. La escala estacional explicó entre 20 y 50% de la variabilidad de los frentes en la región oceánica al sur de Cabo San Lucas, y casi 0% en la región oceánica adyacente. Los eventos interanuales explicaron menos del 20% de la variabilidad frontal en la misma región, con un aumento en el número de frentes durante La Niña. La correlación significativa y positiva entre los frentes térmicos y la clorofila mostró dos áreas en la que los frentes pueden tener

una contribución significativa en la productividad oceánica, una alrededor de Punta Eugenia (26-29 °N) y alrededor de Cabo San Lucas (20-24 °N). Adicionalmente la región de costera de Cabo Corrientes también presentó una correlación significativa entre la actividad frontal y la clorofila. La correlación entre los frentes y la clorofila sugiere un rol relevante de los frentes térmicos en la productividad del ecosistema oceánico frente a Baja California Sur.

OCE-44

ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE VARIABLES OCEANOGRÁFICAS EN EL GOLFO DE TEHUANTEPEC: IMPACTOS DE REMOLINOS Y EVENTOS NORTES

Lee Sánchez Erika¹, Tenorio-Fernández Leonardo¹, Sánchez-Velasco Laura², Gutiérrez-Moreno Diana Carolina² y Portela Esther³¹CONACYT-Instituto Politécnico Nacional-Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (IPN-CICIMAR)²Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas³University Brest, Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale

leesanchez.erika@gmail.com

En el Golfo de Tehuantepec (GT) se forman remolinos de mesoescala e intensos jets de la costa hacia el océano en respuesta a los eventos de viento del norte, conocidos como "Nortes" o "Tehuano". Estos remolinos de mesoescala desempeñan un papel importante en la modulación de la distribución vertical de los nutrientes y en la productividad primaria del océano. Debido a la presencia de los intensos vientos del norte en el GT, se han realizado pocos estudios oceanográficos in situ. Por lo tanto, el conocimiento actual sobre el efecto de remolinos de mesoescala y eventos Nortes en la distribución vertical de nutrientes y oxígeno disuelto, es limitado. Durante la última década, el proyecto Argo ha incorporado sensores biogeoquímicos en flotadores (BGC-Argo) para recopilar datos del interior del océano, lo que ha proporcionado nuevas oportunidades para evaluar y monitorear el estado ambiental de diversas regiones oceánicas. En este contexto, este trabajo evalúa la distribución vertical de variables físicas (temperatura y salinidad) y biogeoquímicas (oxígeno disuelto, nitrato y clorofila) en distintos escenarios oceanográficos en el GT, que incluyen remolinos ciclónicos, anticiclónicos y eventos Nortes (octubre-noviembre-diciembre), utilizando datos de dos perfiladores autónomos BGC-Argo lanzados el 3 y el 9 de enero de 2022. En esta presentación se discutirá la relación entre las variaciones en la concentración de nitrato y oxígeno disuelto y los cambios en la densidad del agua a lo largo de las capas isopícnicas. Esto resulta en diferencias significativas en la posición del límite superior de las condiciones subóxicas ($<4.4 \mu\text{mol/kg}$), aspectos que son fundamentales para el desarrollo y distribución de organismos marinos de diferentes escalas tróficas. También se abordarán características de la distribución vertical del nitrato, como las altas concentraciones asociadas a la masa de agua Subtropical Subsuperficial. Comprender los principales moduladores de las variables biogeoquímicas contribuye a un mejor entendimiento de los procesos que mantienen y refuerzan la existencia de la zona de mínimo oxígeno en el Pacífico Tropical Oriental.

OCE-45 CARTEL

SENSIBILIDAD DE LA TÉCNICA "SATGEM" A LA ELECCIÓN DE DISTINTOS PARÁMETROS SUPERFICIALES PARA PROYECTAR LA ESTRUCTURA TRIDIMENSIONAL TERMOHALINA EN LA REGIÓN DE LA CORRIENTE DEL LAZO

Cordero Quirós Nathali¹, Pérez Brunius Paula¹, Bower Amy², García Paula¹ y Cornuelle Bruce³¹División de Oceanología, CICESE²WHOI³SIO

ncordero@cigom.org

La técnica "satGEM" utiliza altura superficial del nivel del mar (AVISO) y perfiles hidrográficos de boyas Argo para proyectar las propiedades termohalinas en el espacio geográfico de la función corriente (gravest empirical modes, GEMs). Esta técnica aprovecha la relación entre altura dinámica y altura absoluta del nivel del mar para generar perfiles en cada punto de la malla. Estos perfiles sintéticos pueden ser utilizados como condiciones iniciales o ser asimilados por modelos operacionales. En este estudio, utilizamos productos de altura del nivel del mar de alta resolución de la "corrida natural" del modelo Nucleus for European Modelling of the Ocean (NEMO) en una malla de 1km de resolución horizontal (2016-2022) para reconstruir la estructura termohalina de la región de la corriente del Lazo. Realizamos pruebas de sensibilidad de la técnica "satGEM" a la elección de parámetros superficiales adicionales como temperatura y salinidad. Los resultados preliminares muestran la relación de estas variables además de altura del nivel del mar, con la temperatura a diferentes profundidades en el modelo. También exploramos los distintos métodos de interpolación para generar los perfiles utilizando "satGEM", así como la distribución de los errores en función de la extensión de la corriente y desprendimiento de remolinos. Con estos resultados esperamos dilucidar los parámetros y condiciones que optimizan la técnica "satGEM"

OCE-46 CARTEL

TRANSICIÓN A LA TURBULENCIA Y TURBULENCIA DESARROLLADA EN DOS DIMENSIONES MEDIANTE FLUJOS DE KOLMOGOROV: EXPERIMENTOS DE LABORATORIO

Díaz Castillo Sofía Guadalupe y Zavala Sansón Luis
División de Oceanología, CICESE
sofia.diaz@cicese.edu.mx

En este trabajo se analiza y compara la transición a la turbulencia y la turbulencia desarrollada en experimentos de laboratorio con flujos bidimensionales de Kolmogorov mediante forzamientos electromagnéticos continuos en una y dos direcciones espaciales. Los experimentos se realizan en tanques cuadrados con una capa delgada de fluido conductor, la cual es puesta en movimiento mediante fuerzas de Lorentz generadas por una corriente eléctrica y campos magnéticos de imanes simples. Este método experimental es no intrusivo y permite generar turbulencia en forma relativamente controlada en el laboratorio. El estudio de la transición de un flujo laminar a uno turbulento y su fenomenología de acuerdo al forzamiento aplicado es fundamental para una mejor comprensión de la turbulencia en sistemas bidimensionales, los cuales se utilizan frecuentemente para modelar fluidos geofísicos en el océano y la atmósfera.

OCE-47 CARTEL

IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE PRONÓSTICO NUMÉRICO WRF, ASÍ COMO EL MODELO DE OLEAJE WAVE WATCH 3 (WW3) EN EL MODELO CIC-OIL/(OCEANDRIFT) CON APLICACIÓN AL SARGAZO EN LA PENINSULA DE YUCATÁN

García Lucero Ángeles Berenisse, Sheinbaum Pardo Julio, Rodríguez Solís José Luis, Quinn Cervantes Luis Daniel y Verdugo Ortega Homar
División de Oceanología, CICESE
abgarcia@cicese.edu.mx

CIC-Oil es un modelo desarrollado para el proyecto CIGoM; el modelo toma como base una versión mejorada del modelo de partículas Opendrift (OpenOil) del Instituto Meteorológico Noruego. Par este trabajo se usa un módulo llamado Ocedrift (trazadores pasivos) para simular el movimiento del sargazo a partir de pronóstico de corrientes, vientos y olas (NCOM/NEMO/GFS/WRF/WW3) cada uno con su rango de predicción entre 4 y 7 días de pronóstico. Para alimentar el modelo CIC-oil (ocean-drift) se utiliza el forzamiento atmosférico WRF-ARW con resolución espacial de 3 km en longitud y latitud (corriendo con dos dominios, el dominio principal es de 9 km), resolución temporal horaria, con condiciones de frontera del modelo GFS. Para el modelo de olas se usa WW3 tiene una resolución horizontal de 1/40° (~2.5 km), temporal de 1 hora y con forzamiento atmosférico GFS. Para forzar las condiciones del océano NCOM -AmSeas (Global Navy Coastal Ocean Model American Seas). El trabajo presenta el comportamiento de la trayectoria del sargazo como un fenómeno dependiente de las variables meteoceánicas en la región de estudio.

OCE-48 CARTEL

GEOGRAPHIC PROVINCES OF PHYTOPLANKTON ALONG LATITUDINAL TRANSECT IN THE EASTERN ATLANTIC OCEAN FROM THE CONCEPT THAT PIGMENT RATIOS DRIVE THE SPECTRAL ABSORPTION SHAPES

Millán Eduardo¹, Stramski Dariusz², Reynolds Rick² y Torrecilla Elena³

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE

²Marine Physical Laboratory, Scripps Institution of Oceanography, University of California San Diego, La Jolla, California

³Marine Technology Unit, Spanish National Research Council, Barcelona, Spain
emillan@cicese.mx

ABSTRACT Oceanographic cruise with 59 stations in the eastern Atlantic Ocean (EAO) from October 15 to November 14, 2005. Data were collected on phytoplankton bio-optical variability of suspended particulate matter (ap) and photosynthetic pigment analysis at two depth levels (surface and 10 m), where values of light absorption coefficient by phytoplankton (aph) and non-pigmented material (ad) were determined, as well as the pigment composition of phytoplankton through the HPLC technique. In general, the EAO region showed oligotrophic characteristics, except in the northern Cantabrico Sea and Cape Town region. In these two areas, high values of aph440 nm and chlorophyll-carotenoids were observed. The most relevant chlorophylls/carotenoids were: divinyl chlorophyll a, zeaxanthin, hexanoyloxyfucoxanthin and fucoxanthin; so we assume that the different phytoplankton assemblages were: Prochlorococcus, Synechococcus, prymnesiophytes, and diatoms that were present during autumn 2005. In this study, determined 4 Geographic Provinces of phytoplankton (GPv) based mainly on the normalized spectral shape of light absorption (aphn/440 nm). We were consider that oceanographic meteorological events, upwelling, and permanent rivers are the ones that cause instability in the water column, determining the changes in the phytoplankton community structure.

OCE-49 CARTEL

ESBOZO DE LA INTERACCIÓN DE UN REMOLINO DE CORRIENTE EN LAZO (RCL) CON UN NORTE, SEGÚN NEMO-PISCES

Andrade-Canto Fernando¹, Sheinbaum Julio², Pallás Sanz Enric² y Tenreiro Miguel²

¹ECOSUR

²CICESE

fernando.andrade@ecosur.mx

Durante el mes de noviembre de 2022 el RCL "YAZOO" fue monitoreado con gliders y mediciones biogeoquímicas e hidrográficas, proporcionando una gran oportunidad para validar las simulaciones y al mismo tiempo utilizar los modelos para analizar los procesos que explican las observaciones. Este trabajo muestra los resultados de la simulación generada utilizando el modelo oceanográfico NEMO-PISCES (Nucleus for European Modelling of the Ocean) - (Esquema de Interacciones Pelágicas para Estudios de Carbono y Ecosistemas). La simulación considera la evolución del remolino antes, durante y después del paso del norte, en esta se observa una intensificación de las velocidades verticales en el centro del remolino durante el paso del norte en casi toda la columna de agua, después sólo se observaron velocidades significativas por debajo de los 150 m de profundidad. En contraste, durante y después del evento se produjo un aumento de los nutrientes y fitoplancton. Por ello, este trabajo analiza las causas de la intensificación de las velocidades verticales durante el norte y del aumento de nutrientes y fitoplancton durante y después, según NEMO-PISCES.

OCE-50 CARTEL

FLUJOS DE CARBONO ORGÁNICO EN EL GOLFO DE MÉXICO

Contreras Pacheco Yéssica Vanessa¹ y Herguera García Juan Carlos²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE

²CICESE

ycontrer@cicese.edu.mx

El ciclo del carbono oceánico es fundamental para la regulación climática global, y entender la dinámica del carbono orgánico particulado en diferentes regiones oceánicas es clave para modelar su almacenamiento y transporte. Este estudio presenta y analiza los flujos de carbono orgánico particulado en el golfo de México, utilizando datos de trampas de sedimentos situadas a 1000 metros de profundidad en las regiones de Perdido y Coatzacoalcas, entre junio de 2016 y julio de 2017. Los resultados revelan un flujo promedio de carbono orgánico de ~5 a ~7 mg m⁻² d⁻¹ en ambas regiones, con la presencia de dos pulsos significativos en momentos distintos para cada sitio. Estas fluctuaciones estacionales están asociadas con factores biológicos y oceanográficos específicos, como la actividad de mesoscale y eventos de afloramiento, que influyen en la concentración y el transporte del material orgánico. Estos resultados muestran el papel regional del golfo de México en el ciclo del carbono orgánico, destacando su importancia en el almacenamiento y transporte de carbono a través de la columna de agua y su interacción con la dinámica oceánica regional.

OCE-51 CARTEL

INFLUENCIA DE LAS FUENTES DE MATERIA ORGÁNICA SOBRE LA FIJACIÓN BIOLÓGICA DE NITRÓGENO EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE UNA LAGUNA COSTERA DE BAJA CALIFORNIA

Hakspiel Cristian, Camacho Ibar Victor F., Gutiérrez Ricardo
Aarón, Aldrich Rodríguez Ariadna y Samperio Ramos Guillermo
Universidad Autónoma de Baja California
cristian_hakspiel@yahoo.com

La fijación de nitrógeno (N₂), un proceso que introduce al océano nitrógeno biológicamente disponible, es una vía ubicua en el ciclo biogeoquímico de este elemento, que llevan a cabo un grupo restringido de organismos conocidos como diazotófos. Evidencias recientes han reformulado el paradigma en torno a la asociación de la actividad de los diazotófos heterotróficos con el suministro y disponibilidad de la materia orgánica en los ambientes costeros. Por lo tanto, estudiar el efecto que tienen las fuentes de materia orgánica sobre la fijación de N₂ es necesario para comprender el papel de esta ruta en el balance del nitrógeno, así como en la productividad bentónica y las respuestas potenciales a los cambios ambientales. En este estudio se realizaron pruebas experimentales in vitro para identificar el efecto de algunas fuentes de carbono orgánico sobre la fijación bentónica de N₂, evaluada como la actividad de la nitrógenasa (NA), utilizando la técnica de reducción de acetileno. Las pruebas incluyeron la adición controlada de carbohidratos simples (xilosa y sacarosa), detritos de tejidos vegetales (Ulva sp. y Zostera marina), y de bio-depositos de ostión (Crassostrea gigas) sobre muestras de sedimentos superficiales (0-2 cm) de la laguna Bahía de San Quintín, B.C. Los núcleos de sedimento para los experimentos y la determinación de variables ambientales se colectaron en una zona ostrícola de Bahía Falsa en fondos descubiertos de vegetación submarina, y en un área prístina de la laguna (Bahía de San Quintín) con y sin cobertura de praderas de Z. marina. Con el enriquecimiento con sustancias orgánicas se obtuvo una concentración nominal de

aproximadamente 3% de carbono orgánico total (COT), equivalente a tres veces el valor promedio registrado previamente para los sedimentos de la laguna. Además, se incluyeron tratamientos con adición de un inhibidor de bacterias sulfato reductoras (SRB) para evaluar su contribución a la AN heterotrófica. Las incubaciones se realizaron a temperatura constante (17°C) y en condiciones de oscuridad con el fin de limitar la actividad de los diazotófos autotróficos. También se midieron descriptores del sedimento incluyendo nutrientes inorgánicos, carbohidratos totales, COT y clorofila. Los tratamientos control, que representan la AN en condiciones naturales, presentaron tasas relativamente bajas ($<0.04 \text{ nmol C}_2\text{H}_4 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$) comparadas con las reportadas para sedimentos costeros. La variabilidad espacial de las tasas ($p>0.05$) no reveló una asociación con los descriptores ambientales del sedimento. La adición de carbohidratos simples estimuló significativamente entre 1.14 y 58.1 veces (promedio: 10.9) la AN respecto al tratamiento control mientras que no se observó un efecto claro de la adición de materia orgánica natural. Estos resultados indican una condición limitante por fuentes de carbono orgánico lábil para heterótrofos con actividad diazotrófica. La disminución de la AN (intervalo: 28 a 95%; promedio: ~68%) causada por la adición del inhibidor de SRB sugiere una contribución relevante de estos diazotófos heterotróficos al ingreso de nitrógeno nuevo al sedimento.

OCE-52 CARTEL

VALIDACIÓN DE UNA SIMULACIÓN DE ALTA RESOLUCIÓN CON OBSERVACIONES EN LA ZONA DE LA CORRIENTE DE LAZO

Munguía Daniela y Sheinbaum Julio

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE
dmunguia@cicese.edu.mx

Presentamos una comparación entre, más de diez años de observaciones y una simulación regional de alta resolución integrada por 13 años con el modelo NEMO (Nucleus for European Modelling of the Ocean) en un dominio que cubre el golfo de México y el mar Caribe, a la que llamamos GOLFO108. Este trabajo busca validar la simulación con especial enfoque en la variabilidad y la estructura de los flujos de entrada y salida del golfo de México. A la par de la validación, también se presenta una actualización de algunos de los resultados de trabajos fundamentales para el entendimiento del flujo a través del canal de Yucatán, tal como Sheinbaum, et al (2002), Sheinbaum, et al (2016) y Candela, et al, (2019). Con los resultados obtenidos, creemos que la GOLFO108, simulación sin asimilación de datos, es una excelente herramienta para resolver preguntas orientadas a los procesos que ocurren en la zona de la corriente de Lazo.

OCE-53 CARTEL

MÉTRICAS DE DISPERSIÓN RELATIVA EL GOLFO DE MÉXICO A DIFERENTES PROFUNDIDADES: UNA REVISIÓN A LAS OBSERVACIONES Y MODELOS DINÁMICOS

Rodríguez Outerelo Javier, Pérez Bruniús Paula y García Carrillo Paula

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE
outerelo@cicese.edu.mx

La necesidad de predecir mejor el impacto de los posibles derrames de petróleo de pozos de aguas profundas en el Golfo de México ha dado lugar a varios programas y proyectos basados en la liberación de boyas a la deriva (superficial y subsuperficialmente) durante la última década. Estas bases de datos se utilizan para comparar y discutir métricas de dispersión relativa en escalas de tiempo y separación, para regiones con diferentes dinámicas, a 0, 300 y 1500 metros de profundidad en el Golfo de México. Además, las métricas de las observaciones se comparan con las derivadas de los modelos numéricos CIGoM que han sido utilizados para producir escenarios de derrames de petróleo, para evaluar su desempeño en la reproducción de la dispersión observada.

Sesión regular

PALEONTOLOGÍA

Organizador

Adolfo Pacheco Castro

PALEO-1 CARTEL

EL AHOGAMIENTO DEL BANCO EL DOCTOR DURANTE EL ALBIANO-CENOMANIANO EN EL CENTRO DE MÉXICO Y SU RELACIÓN CON EL EVENTO ANÓXICO OCEÁNICO 1D

Gómez Estrada Eduardo Miguel¹, Pi Puig Teresa¹, Omaña Pulido Rosa María de Lourdes¹, Rosendo Servín Cesar² y Núñez Useche Fernando¹

¹Instituto de Geología, UNAM

²Facultad de Ingeniería

eduardogomezgeo@gmail.com

A finales del Cretácico Temprano el banco El Doctor se desarrolló en el centro de México, al sur de la plataforma carbonatada Valle-San Luis Potosí. Su desarrollo coincidió temporalmente con la ocurrencia de eventos locales/regionales, así como globales, incluyendo algunos Eventos Anóxicos Oceánicos (EAO). Sin embargo, se desconoce cuando ocurrió su ahogamiento, así como las condiciones paleoambientales que lo ocasionaron. En este trabajo se estudia una sucesión sedimentaria marina de 95 m de espesor (sección Tepozán) en el banco El Doctor. La primera parte de la sección está compuesta por la Formación El Abra (75 m) la cual se caracteriza por caliza en estratos muy gruesos, con textura wackestone-grainstone, y presencia de rudistas, gasterópodos, chondrodontas, foraminíferos bentónicos y escasos equinodermos. Además, presenta índice de bioturbación moderado e índice detrítico bajo. La caliza se encuentra enriquecida principalmente por calcita y calcita rica en magnesio. Por encima de esta unidad se encuentra la Formación Soyatal (20 m) que está compuesta por caliza en estratos delgados, intercalados con abundantes capas de lutita y algunas de bentonita. La caliza corresponde a wackestone con comunes foraminíferos planctónicos y radiolarios, y raros foraminíferos bentónicos. Además, presenta índice de bioturbación bajo e índice detrítico alto. Su mineralogía está principalmente dominada por cuarzo y arcillas. El análisis bioestratigráfico de foraminíferos sugiere que el intervalo comprendido entre la parte superior de la Formación El Abra y la parte inferior de la Formación Soyatal se depositó durante la parte final del Albiano e inicios del Cenomaniano, siendo esta la temporalidad del ahogamiento del banco El Doctor. En esta transición se registró la excursión positiva de Delta13C (máximo +2.59 ‰ y mínimo -2.7 ‰) que caracteriza al Evento Anóxico Oceánico 1d (EAO 1d), incluyendo los 4 picos internos reportados en otras regiones del mundo. Esto implica que sí hubo influencia de este evento global en el fin de la producción de material carbonatado. El depósito de la sección Tepozán ocurrió en condiciones ambientales diferentes, las cuales variaron de un ambiente marino somero a un ambiente marino profundo. Además, su depósito fue influenciado por la entrada de terrígenos y la ocurrencia del EAO 1d, que a su vez controlaron la productividad marina y la producción/depósito de carbonatos en el banco El Doctor.

PALEO-2 CARTEL

EL REGISTRO DE SIGMODON MINOR (RODENTIA) EN EL NEÓGENO TARDÍO DEL CENTRO DE MÉXICO Y SUS IMPLICACIONES EN LA INVASIÓN DE LOS PASTOS

Pacheco-Castro Adolfo¹ y Carranza-Castañeda Oscar²

¹Facultad de Ciencias Naturales, UAQ

²Instituto de Geociencias, UNAM

apacheco@geociencias.unam.mx

Durante el Neógeno de Norteamérica, diversos modelos paleoclimáticos y paleoecológicos indican un proceso de enfriamiento y aridificación que favoreció la transición de ecosistemas de vegetación cerrada a paisajes abiertos, conocidos como la invasión de los pastos. Estos nuevos ecosistemas, dominantes en las Grandes Planicies, se expandieron hasta el centro de México, siendo su influencia evidente en la megafauna, especialmente en los équidos. Sin embargo, se conoce poco sobre su impacto en los pequeños vertebrados, que son el componente más diverso de las comunidades faunísticas. En este estudio, se presenta el primer registro del roedor cricétido *Sigmodon* minor para el Neógeno tardío del centro de México, colectado en sedimentos del Blancano temprano (4.8-2.5 Ma) de la cuenca de San Miguel de Allende, Guanajuato. Estos fósiles, son unos de los más completos de la especie, incluyen elementos mandibulares y maxilares con diferentes grados de desgaste en la superficie oclusal de sus molares. El material se encuentra en resguardo en la colección del Laboratorio de Paleontología del Instituto de Geociencias, UNAM. El registro se acompaña de fechamientos radiométricos y una fuerte asociación faunística con otras especies de megafauna.

La estructura dental y las etapas evolutivas de los molares se compararon en detalle con registros fósiles de esta especie en todas las faunas del Blancano temprano al Irvingtoniano (4.8-1.9 Ma) de Norteamérica. Además, se realizó una inferencia paleoecológica para estimar su tamaño corporal, y estos datos se integraron en un modelo biogeográfico que sugiere que la especie representa la expansión de un mosaico de pastizales abiertos y pequeños nichos húmedos que evolucionaron inicialmente en Las Grandes Planicies de Norteamérica, específicamente en las planicies de Kansas y que se desplazaron de forma diferencial hacia otras regiones del continente, incluido México. Esto sugiere que el centro de México, por sus condiciones ambientales y topográficas diversas, pudo haber funcionado como un refugio para comunidades de roedores norteamericanos durante el Plioceno. Esta investigación recibió apoyo de una subvención proporcionada por la National Science Foundation [EAR-1949742, EAR-1655720] y del proyecto DGAPA PAPPIT IN 102817 de la Universidad Nacional Autónoma de México.

PALEO-3 CARTEL

DISPARIDAD MORFOLÓGICA EN CONCHAS DE CEFALÓPODOS DURANTE EL LÍMITE K-PG: UN ENFOQUE DE MORFOLOGÍA TEÓRICA EN ESTUDIOS PALEONTOLÓGICOS

Contreras Figueroa Gabriela¹ y Aragón Vera José Luis²

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²CFATA-UNAM

bio.gabrielacf@gmail.com

La morfología teórica es una herramienta valiosa para entender el desarrollo y las limitaciones evolutivas de la forma biológica. Esta disciplina se basa en el estudio geométrico de las formas a través de la construcción de morfoespacios teóricos, donde se visualizan todas las formas posibles desde un punto de vista geométrico. La geometría espiral de las conchas de los cefalópodos, junto con su diversidad morfológica y abundancia en el registro fósil, los convierte en un excelente modelo para estudios evolutivos. Sin embargo, aún existe una brecha de conocimiento en cuanto a la diversidad morfológica de las conchas de moluscos y su relación con las presiones ecológicas durante la última extinción masiva del Cretácico-Paleógeno (K-Pg). En este trabajo se presenta un análisis de la disparidad morfológica en las conchas de la clase Cephalopoda (subclases Ammonoidea y Nautiloidea) durante el límite K-Pg en la costa del noreste del Pacífico. Para ello, se relacionó el modelo geométrico propuesto por Contreras-Figueroa y Aragón (2023) con la ecomorfología de la concha (diagrama de Westermann). La construcción de morfoespacios teóricos se basó en tres parámetros geométricos: la tasa de expansión de la vuelta (b), las formas de apertura (a) y el desplazamiento horizontal al eje de enrollamiento (d). El mapeo de los especímenes en los morfoespacios revela que la diversidad de los ammonoideos durante el Cretácico es evidente tanto en el número de familias como en la extensión del área ocupada dentro del morfoespacio. Tras el evento de extinción masiva, el morfoespacio del Paleoceno-Eoceno revela una escasa diversidad morfológica en los cefalópodos. Los nautiloideos, con un modo de vida de migrantes verticales, no logran igualar la disparidad observada en ninguna de las categorías ecológicas (plancton, neoton y demersal) de los ammonoideos. Esto representa una de las pérdidas más notables de diversidad de moluscos durante la última extinción masiva. Se espera que este estudio ofrezca herramientas que faciliten investigaciones integrales que incluyan la morfología teórica, resaltando la relevancia del uso de herramientas geométricas en la investigación paleontológica.

PALEO-4 CARTEL

FOSILIZACIÓN DE ALGAS Y FORAMINÍFEROS CRETÁICOS DE FACIES LAGUNARES: LOS MICROFÓSILES DE LA FORMACIÓN CUPIDO

Chacón-Baca Elizabeth¹, Livas Margarita Aurora², Gutiérrez-Alejandro Alejandra G.³, Torres de la Cruz Felipe de Jesús⁴ y Hernández-Ocaña Isabel⁵

¹UANL

²IPN

³Universidad Autónoma de Coahuila

⁴Pemex

⁵Universidad Autónoma de Ciudad del Carmen

baicalia2012@gmail.com

Aunque la fosilización de protistas como algas y foraminíferos de edad cretácica es un tema poco explorado en reportes geológicos, su importancia bioestratigráfica

y paleontológica resulta relevante para la reconstrucción paleoambiental. La caracterización de facies lagunares se encuentra especialmente poco documentada en la literatura, quizás por ser ecosistemas transicionales caracterizados por una gran variación geoquímica dependiente del clima y con variaciones relativamente abruptas. En este trabajo se reporta la caracterización de microfósiles de algas y foraminíferos derivadas de las calizas de la Formación Cupido. La Formación Cupido es una sucesión sedimentarias ampliamente reconocida en el noreste de México por ser una secuencia carbonatada tectónicamente influenciada desde la apertura del Golfo de México, como se observa en la geología regional de Nuevo León. Con una edad enmarcada desde el Hauteriviano tardío al Aptiano y un espesor de 775 m, y un área de cobertura aproximada de 80,000 km², la Formación Cupido está limitada por la Formación Taraises y la Formación La Peña. Los resultados presentan un ensamble taxonómico de microfósiles que incluye 12 taxas a nivel de especie y 20 a nivel de género, pero con variaciones muy locales dependiendo de la localidad bajo estudio y que se discuten en este trabajo.

Sesión regular

RIESGOS NATURALES

Organizadores

David Novelo
Gerardo Suárez

RN-1

EL ANÁLISIS DE PRESENCIA DE DESLIZAMIENTOS ACTIVOS MEDIANTE LA TÉCNICA DE MT-INSAR EN LA SECCIÓN SALSIPUEDES DEL CORREDOR COSTERO TIJUANA –ENSENADA, BAJA CALIFORNIA

Sarychikhina Olga, Delgado Argote Luis Alberto, Ávila Ortiz
Nina Adhara Elena y Apolinar Morales Blanca Sughey
División de Ciencias de la Tierra, CICESE
osarytch@yahoo.com

En el noroeste de Baja California, los fenómenos de inestabilidad de laderas tienen repercusiones negativas en los ámbitos socioeconómico y ambiental. Específicamente, son preocupantes sus impactos en numerosas edificaciones y a la infraestructura vial, en particular la carretera de cuota Tijuana-Ensenada. Esta vía representa un componente crucial para diversas actividades del desarrollo socioeconómico, ya que constituye el principal corredor de transporte en la península de Baja California. Los numerosos deslizamientos de diferentes niveles de actividad y dimensiones han causado daños a la carretera de cuota Tijuana-Ensenada desde su construcción en la década de 1960. El tramo de la carretera más afectado se localiza entre la Punta Salsipuedes (km 84) y la Punta San Miguel (km 99), en el municipio de Ensenada, conocido como la sección Salsipuedes, donde se observan, sin tomar en cuenta los cortes carreteros, pendientes que superan los 30° en rocas sedimentarias de la Fm. Rosario, o los 70° en los derrames de lava que las sobreyacen. El último deslizamiento de gran magnitud ocurrió el 28 de diciembre de 2013 en el kilómetro 93, provocando el derrumbe de un tramo de 300 metros de carpeta asfáltica hasta una profundidad de entre 30 y 60 metros (Andrade-García, 2016). Derivado del evento de 2013 y con el fin de garantizar la estabilidad de la carretera, a partir de ese año se han ejecutado obras de mitigación durante 9 años continuos, en un tramo comprendido entre los kilómetros 84 y 99. Para la realización de dichas obras se han invertido aproximadamente poco menos de cuatro mil millones de pesos (Guzmán-Villa, 2021). Sin embargo, actualmente los deslizamientos de ladera continúan activos. En 2023, después de la temporada de lluvias, la aparición de nuevos agrietamientos y hundimientos en la carretera ha llevado a considerar la posibilidad de declarar estado de emergencia. En este trabajo se han aplicado las técnicas MT-InSAR (Interferometría SAR multitemporal), SBAS e IPTA, para identificar los desplazamientos del terreno en la sección Salsipuedes del corredor costero Tijuana-Ensenada. Para ello, se procesaron mediante el software Gamma las 61 imágenes SAR del satélite Sentinel-1 A adquiridas entre diciembre de 2021 y diciembre de 2023 durante el paso orbital descendente. Los resultados obtenidos se componen de un mapa de la velocidad promedio de desplazamiento en la dirección suelo-satélite (LOS), así como las series de tiempo de desplazamiento LOS. Se han identificado varias zonas con desplazamiento activo. Las evidencias detectadas durante el trabajo de campo han permitido relacionar estos desplazamientos con movimientos de ladera de dimensiones variadas que afectan los carriles de la carretera e infraestructura circundante.

RN-2

RASGOS GEOLÓGICOS Y GEOFÍSICOS DEL MARGEN PENINSULAR EN LA REGIÓN DE BAHÍA COLONET: CONSIDERACIONES AL PROYECTO DEL PUERTO PUNTA COLONET, BAJA CALIFORNIA

Delgado Argote Luis Alberto, Ruiz Aguilar Diego,
Avilez Serrano Porfirio y Iturbe Domínguez Carolina
División de Ciencias de la Tierra, CICESE
ldelgado@cicese.mx

El registro geológico entre el norte de Punta Colonet y Camalú en el sur, está definido por un basamento de rocas metavolcánicas y metasedimentarias del Grupo Alisitos, y los granitoides del Cinturón Batolítico Peninsular (CBP) que las intrusionan. Sobre el basamento descansan sucesiones sedimentarias formadas por las formaciones Rosario y Sepultura del Cretácico Tardío y Paleógeno, respectivamente, cuyos ambientes de depósito varían desde estuarios costeros (arenas y conglomerados), a facies deltaicas y lodolitas de pendiente continental. De NW a SE, el relieve de las mesas San Antonio del Mar, San Telmo y San Jacinto, refleja actividad tectónica continua desde el Cretácico Tardío, a partir del levantamiento y exhumación de los

plutones del CBP del oriente, hasta el Presente. El basamento registra deformación por compresión que se asocia con la colisión del arco de islas Alisitos contra el cratón de Norteamérica (ca. 105 Ma). Las soluciones de los planos de cizallas en rocas volcánicas del Grupo Alisitos y areniscas de la Fm. Sepultura coinciden con las orientaciones de los arroyos San Telmo y San Rafael, lo que sugiere que algunos rasgos morfológicos de origen estructural pueden deberse a estructuras reactivadas desde el Mioceno (ca. 12 Ma). En ese tiempo ocurre la separación del margen continental externo, se desarrollan de fallas normales con componente lateral y se manifiesta un volcanismo principalmente andesítico, desde Punta Colonet hasta las cuencas de Salsipuedes y Tijuana en el NW de Baja California. La reconstrucción tectónica del borde continental del SW de Norteamérica-Baja California, muestra que los rasgos estructurales del área de estudio se pueden explicar a partir de la separación en sentido E-W de más de 120 km del margen externo y el traslado con rotación horaria de una fracción del borde continental de Baja California. En el Pacífico, la falla San Isidro, con movimiento lateral derecho, es paralela a la costa, está separada 25 km de ella y desde 2022, muestra un incremento en su actividad sísmica; algunas alineaciones de epicentros son hacia la bahía Colonet. Los mecanismos focales muestran planos nodales casi paralelos a la Falla San Isidro (sintéticas) y a los arroyos San Rafael y San Telmo (antitéticas). El basamento local en las mesas se interpreta a partir de sondeos magnetotélricos (MT), el cual correspondería a rocas volcánicas y graníticas. El basamento tiene resistividades altas (100-150 ohm-m); bajo la mesa San Telmo el basamento se interrumpe debajo de los arroyos San Rafael y San Telmo, interpretándose que se debe a zonas de falla, hasta por lo menos 4 km de profundidad. Es relevante para el diseño del puerto, la inestabilidad geológica de la zona, como lo muestra la coincidencia entre la profundidad del basamento geofísico, hipocentros a aproximadamente 7 km, como el sismo del 22-XI-2022 (Mw=6.1) frente a la bahía, la morfología y soluciones cinemáticas de las zonas de fallas en los arroyos, y las discontinuidades en los sedimentos someros del fondo marino en la bahía mostradas por los perfiles batimétricos.

RN-3

ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MÉTODOS HEURÍSTICOS EN LA PORCIÓN CENTRAL DE LA SALIENTE DE MONTERREY: CASO DE ESTUDIO CAÑÓN DE RAYONES, NUEVO LEÓN, MÉXICO

Rodríguez Núñez Ismelis, Salinas Jasso Jorge Alán, Alva Niño Efraín y Navarro de León Ignacio
Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
ismelis.rodriguezn@uanl.edu.mx

Los movimientos en masa son el resultado de la influencia de procesos geodinámicos que ocasionan el desplazamiento de materiales terrestres sobre una ladera. Estos se deben a inestabilidades de ladera causadas principalmente por la acción de la gravedad, el debilitamiento progresivo de los materiales, la meteorización y la acción de otros fenómenos naturales y ambientales, lo que provoca que estos movimientos sean relativamente habituales en el medio geológico. Se presenta un análisis de susceptibilidad por movimientos en masa para el Cañón de Rayones, en el estado de Nuevo León. El área de estudio corresponde al tramo carretero que une los municipios de Montemorelos y Rayones. El estudio de los factores condicionantes (litología, distancia a la estructural, distancia a las redes de drenaje, altura del talud, usos de suelos y vegetación, pendientes y orientación de las laderas) de movimientos en masa en el área de estudio permite identificar el comportamiento espacial y temporal de estos procesos. La caracterización de estos factores condicionantes involucra el primer paso en la evaluación de riesgo por estos fenómenos en la zona de estudio. Al mismo tiempo se muestra un inventario de movimientos en masa, el cual se obtuvo mediante trabajo de campo e interpretación de imágenes satelitales que comprenden un período de alrededor de 20 años. El inventario describe las características particulares de los movimientos en masa registrados en la zona, como son: la ubicación de los casos, litología, tipo de movimiento, relieve (elevación, pendiente, orientación), patrones estructurales, condiciones hidrológicas, condiciones climáticas y afectaciones ocasionadas. De esta manera, se distinguen las causas y consecuencias de la ocurrencia de estos procesos geomorfológicos en esta zona del país.

RN-4

DISTRIBUCIÓN DEL FRACTURAMIENTO URBANO EN LA PARTE NORTE DE LA CIUDAD DE ZACATECAS EN 2017 Y 2024: EVIDENCIA DEL CONTROL ESTRUCTURAL DEL BASAMENTO

Escalona-Alcázar Felipe de Jesús, Pineda-Martínez Luis Felipe, Rodríguez-González Baudelio, Reveles-Flores Sayde María Teresa, Valle-Rodríguez Santiago, Mandujano-García Cruz Daniel y Chávez-Guajardo Alicia Elizabeth

Universidad Autónoma de Zacatecas
fescalona@uaz.edu.mx

La parte norte de la Ciudad de Zacatecas, limitada por las vialidades Manuel Felguérez, Paseo La Buía y el Museo de Arte Abstracto "Manuel Felguérez", desde junio de 2020 reportó un incremento inusual en la actividad sísmica, los vecinos denunciaron vibraciones y ruidos que causaron daño a sus propiedades e hicieron responsable a la actividad minera que se realiza a aproximadamente 1 km del límite de la ciudad. La zona está asentada sobre obras mineras que datan de la época de la Colonia. En algunos sitios los pobladores indicaron que para poder construir taparon obras mineras antiguas. En este trabajo se presenta un análisis del fracturamiento urbano y del fallamiento. Se midieron fracturas en paredes y banquetas, los datos que se tomaron fueron el acimut de la extensión, la longitud, espesor y número de fracturas; las mediciones se hicieron en 2017 y 2024. Los datos de falla se midieron siguiendo la Regla de la Mano Derecha, las fallas se clasificaron en normales e inversas. El número de fracturas medidas en las calles es de 104 en 2017 y 92 en 2024, esto es una disminución de solo el 11 % en 7 años. Respecto a las fracturas en las paredes, en 2017 se midieron 650 y, en 2024 solo 409. Este cambio se debe a que en ese periodo de tiempo fueron pintadas, reparadas o modificadas. En el fracturamiento urbano se midió el eje de extensión de ambos tipos de fracturas, en los dos periodos de tiempo y, se comparó con los obtenidos del análisis cinemático del fallamiento, esto es, el esfuerzo mínimo (#3) de las fallas normales y el máximo de las inversas (#1). La extensión de las fracturas en las calles común en ambos periodos de observación son 300° y de 30° a 45°. Las orientaciones que no tienen en común fueron N-S en 2024 y ENE-WSW en 2017. En el caso de las paredes, a pesar de la diferencia en el número de datos, tienen las mismas tendencias preferentes en los dos periodos: 300° y 025°. Los ejes de paleoesfuerzos de las fallas normales e inversas son subparalelos y están orientados hacia el NE-SW, este paralelismo sugiere reactivación de las fallas inversas. La orientación de las fallas sigue la misma tendencia NW-SE de los sistemas de vetas que atraviesan el área de estudio que son La Cantera, El Grillo y El Bote que, a su vez, forman parte del Sistema de Fallas San Luis-Tepihuenses que es el límite occidental de la Mesa Central.

RN-5

CASOS DE ESTUDIO DE FALLAMIENTO POR SUBSIDENCIA ASOCIADAS A ZONAS DE RELEVO EN EL LECHO ROCOSO DEL VALLE DE AGUASCALIENTES

González-Cervantes Norma¹, Aranda-Gómez José Jorge², Hernández-Marín Martín¹, Zermeno-Villalobos Alfredo¹, Guerrero-Martínez Lilia¹ y Pacheco-Martínez Jesús¹

¹Departamento de Ingeniería Civil, UAA
²Instituto de Geociencias, UNAM
norma.gonzalez@correo.uaa.mx

En el valle de Aguascalientes se ha manejado que la dirección preferencial de las discontinuidades estructurales (fallas o fracturas) asociadas a subsidencia de terreno reflejan la orientación de fallas tectónicas antiguas en el lecho rocoso del valle. Esta relación puede inferirse en la mayoría de las fallas por subsidencia del valle, que tienen orientación preferente N-S, igual a la orientación del graben de Aguascalientes. Sin embargo, en algunos sitios se han documentado fallas activas en el aluvión que son oblicuas a la dirección N-S. Estas se han interpretado como producto de la existencia de zonas de relevo o de transferencia en las fallas ocultas de basamento. Las estructuras oblicuas hasta ahora conocidas se localizan principalmente sobre la "falla oriente", que es una de las dos fallas principales o fallas maestras que limitan al graben de Aguascalientes. Se espera que fallas activas en el aluvión continúen propagándose a rumbo a lo largo de sus trazas, y que eventualmente translapen con discontinuidades paralelas a ellas. Esto conduciría a la unión de las discontinuidades y la formación de una sola falla de subsidencia segmentada. Cerca de la terminación de algunas fallas activas se han documentado terminaciones en "cola de caballo", que causan deformación y daño en áreas más extensas. Si estas terminaciones llegasen a translapar con discontinuidades cercanas se esperaría una probable unión entre ellas y la formación inicial de un sistema de discontinuidades con un arreglo anastomosado, posiblemente tridimensional. Cabe señalarse que la evolución de las discontinuidades al norte del valle de Aguascalientes difiere de lo antes señalado, al menos en dos casos, uno sobre el área centro-septentrional del valle y el otro sobre el sector norte de la "falla poniente" principal del graben. En este estudio, se analizan estos dos casos, en el primero, debido a que se registran fallas secundarias oblicuas de dirección NW-SE entre dos fallas normales con dirección preferencial N-S, y en el segundo caso, en la falla principal poniente del graben de Aguascalientes, se pueden observar pequeños horsts que se unen entre ellos con respecto a la dirección preferencial de la falla N-S. Reconocer el comportamiento de este sistema estructural es importante, ya que la ciudadanía y dependencias del gobierno esperan un comportamiento estrictamente lineal para el crecimiento a rumbo de estas fallas activas, por lo que la posibilidad de un cambio en la dirección de estas amerita mayores precauciones al proyectar

obras en áreas cercanas. Dado que fallas antiguas en el lecho rocoso ejercen un control pasivo en la formación de las fallas por subsidencia, es esencial un estudio y análisis detallado de ellas.

RN-6

CRECIMIENTO DE UNA FALLA ASOCIADA A SUBSIDENCIA DIFERENCIAL POR EROSIÓN HÍDRICA EN PABELLÓN DE ARTEAGA, AGUASCALIENTES

Pacheco-Martínez Jesús¹, Hernández-Marín Martín¹, Padilla-Ceniceros Raudel², Luna-Villavicencio Hugo³, González-Cervantes Norma¹, Balderas-González Emily Abigail⁴ y Herrera-León William Herbe⁵

¹Universidad Autónoma de Aguascalientes
²Consultores en Geociencias Aplicadas
³Universidad Panamericana, Campus Aguascalientes
⁴Ciencias de la Tierra Asesores
⁵Instituto Tecnológico Nacional, campus Tepic
jesus.pacheco@edu.uaa.mx

El día 28 de junio del año en curso una precipitación cercana a los 70 mm ocurrida en la población de Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, causó encharcamientos de hasta 60 cm en una superficie estimada de 8 hectáreas. La población de Pabellón de Arteaga está afectada por varias fallas y fracturas activas asociadas a la subsidencia del valle de Aguascalientes, que en su traza presentan ondulaciones por donde se infiltró el agua de la lluvia, drenando la zona inundada en menos de 24 horas, observándose que al retirarse el agua la falla conocida como "Falla Estación" había experimentado un crecimiento de aproximadamente 130 m en su longitud. Las observaciones realizadas a nivel del terreno, en dos trincheras excavadas y mediante dos perfiles de resistividad levantados en el frente del crecimiento de la falla, uno medido en abril del 2019 durante la estación de estiaje, y otro medido una semana después de la contingencia, sugieren que el crecimiento de la falla pudo haber sido causado por alguno de dos mecanismos o por el efecto combinado de ambos: por la lubricación que pudo haber causado el agua infiltrada en la falla que favoreció el deslizamiento del bloque de techo produciendo el crecimiento súbito de la falla; y/o por erosión hídrica del agua infiltrada por las ondulaciones que removió el material más superficial y expuso a la vista la falla que se había desarrollado de manera concomitante a la subsidencia diferencial que se ha observado en esa zona, pero no había sido detectada por estar cubierta por los sedimentos más superficiales. En este trabajo se presentan las observaciones e información generada para explicar el mecanismo del crecimiento de la Falla Estación, y se discuten las implicaciones de peligro y riesgo que representa este tipo de fenómenos para la población, para las construcciones y para la infraestructura.

RN-7

RADAR, LIDAR Y DRONES COMO HERRAMIENTAS DEL MONITOREO DE LA DEFORMACIÓN DEL TERRENO, UN EJERCICIO MULTIESCALA APLICADO A ENTORNOS URBANOS

Ramírez Serrato Nelly Lucero¹, García Cruzado Sergio Armando², López Valdes Néstor², Cervantes López Uriel Oswaldo³, Vasquez Serrano Alberto⁴, Arce Saldaña José Luis⁵, Arango Galván Claudia¹, Macías Vázquez José Luis¹, Sosa Ceballos Giovanni¹, Chávez Segura René Efraín¹, Rangel Granados Elizabeth¹ y Santiago Figueroa Lydia³

¹Instituto de Geofísica, UNAM
²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
³Facultad de Ingeniería, UNAM
⁴Universidad Nacional Autónoma de México
⁵Instituto de Geología, UNAM
nellyrmz@igeofisica.unam.mx

La deformación del terreno en zonas urbanas, como la Ciudad de México, plantea desafíos cruciales para la planificación y mitigación de riesgos. Un evento relevante en este sentido es la reactivación de la fractura Plateros-Mixcoac, identificada como la causa de microsismos y deformaciones del terreno entre diciembre de 2023 y febrero de 2024. Este evento hace necesario un monitoreo detallado 3D sobre la infraestructura urbana para disponer de datos precisos sobre el alcance que tuvo en la afectación en las estructuras civiles. Este estudio tiene como objetivo evaluar la deformación superficial sobre la zona antes y después del evento sísmico usando una integración de técnicas de percepción remota a diferentes escalas. Para esto, se emplearon 1) imágenes de radar Sentinel-1 procesadas mediante interferometría (InSAR), 2) fotogrametría obtenida a partir de imágenes de dron, y levantamientos LiDAR de corto alcance (5m). Los resultados del mapeo con imágenes de radar a escala regional (InSAR de 10 metros de resolución), estuvo limitada por la calidad y disponibilidad de las imágenes, sin evidencias de movimientos verticales críticos en el semestre previo al evento. Tanto el levantamiento fotogramétrico (con resolución de 20 cm) como el LiDAR (con resolución de 1 cm) lograron registrar la evidencia del daño causado por la fractura sobre la calle principal, siendo el LiDAR el más efectivo en este sentido, ambos con una limitante espacial que los mantiene a escala local. El registro principal del daño es un agrietamiento que se repite con menor intensidad de manera perpendicular a la avenida principal. Este agrietamiento tiene 3 metros de longitud, con un desplazamiento horizontal de 20 cm aproximadamente. Sin embargo, la apertura del agrietamiento es de apenas 2 mm y no cuenta con evidencia de desplazamiento vertical en ninguno de los 3 sensores dentro de los datos muestreados, reafirmando la evidencia de

una fractura que acomoda desplazamiento lateral. La combinación de las técnicas usadas en este trabajo permite un mejor entendimiento del entorno, aprovechando el componente multiescala. Sin embargo, se recomienda como trabajo futuro realizar un monitoreo de este tipo de manera multitemporal para registrar la evolución de los agrietamientos a lo largo del tiempo.

RN-8

EVALUACIÓN DE ÍNDICES GEOMORFOLÓGICOS EN LA ZONA METROPOLITANA DE PUERTO VALLARTA

Solís Orduña Lesly Madeleim¹, Escudero Ayala Christian René¹ y Lacan Pierre²¹Universidad de Guadalajara²Instituto de Geociencias, UNAM

lesly.solis9291@alumnos.udg.mx

La Zona Metropolitana de Puerto Vallarta (ZMPV), se encuentra en una región tectónicamente compleja debido a la subducción de la microplaca de Rivera y la placa de Cocos bajo la placa Norteamericana. Este proceso da origen a diferentes sistemas de fallas y deformaciones que caracterizan el occidente de México, donde se tienen registros de sismos importantes con magnitudes mayores a 6.0 desde el siglo XIX. La presencia de estos sistemas de fallas potencialmente activos, sumado al crecimiento exponencial de la población en el oeste de México, resalta el papel crucial de evaluar los diferentes indicios de actividad tectónica reciente con el fin de mejorar nuestra preparación ante un evento sísmico. Para esto, la aplicación de técnicas de geomorfología basadas en teledetección, se presenta como una herramienta clave para el estudio de la actividad neotectónica en grandes áreas. En este trabajo, se muestran resultados preliminares de la evaluación de índices geomorfológicos para la ZMPV. Dentro de los índices estudiados están el índice de sinuosidad del frente montañoso, el factor de simetría topográfica transversal, el índice del gradiente del Thalweg y la relación anchura-altura de valle. Hasta el momento, se tienen mapas a diferentes escalas (regional y local) con estudios más detallados en algunas fallas y lugares de interés. Con los resultados finales de este trabajo se busca tener una mejor comprensión de los procesos tectónicos que modelan el paisaje en la ZMPV y alrededores, y contribuir a mejorar las diferentes estrategias de planificación urbana y mitigación de riesgo sísmico en esta importante zona turística del país.

RN-9

RECONOCIMIENTO SEMIAUTOMÁTICO DE PLANOS DE DISCONTINUIDAD DE MACIZOS ROCOSOS A PARTIR DE NUBES DE PUNTOS OBTENIDAS CON VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO

Soto-Rodríguez Adriana Nacdielli¹ y Pola Antonio²¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo²Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM
nacdielli@gmail.com

El uso de UAV (vehículo aéreo no tripulado) constituye una herramienta sumamente valiosa para la caracterización de macizos rocosos, particularmente en áreas extensas, inseguras, o poco accesibles, caracterizadas por una geometría compleja. Recientemente, se han desarrollado metodologías que permiten la realización de tales estudios de manera remota mediante el uso UAV, lo que permite la adquisición de información tridimensional de la zona de estudio con gran precisión y resolución. La presente investigación se enfoca en el mapeo de discontinuidades y la caracterización de macizos rocosos en afloramientos que conforman el basamento de la caldera de Acoculco, utilizando fotogrametría de UAV y aprendizaje semiautomático. La información geométrica en 3D del macizo rocoso, se obtiene de una nube de puntos georreferenciada, generada a partir de las imágenes del UAV y aplicando algoritmos de machine learning no supervisado como el K-means y el DBSCAN. Con esto es posible obtener la dirección de los planos de discontinuidad (dirección de inclinación/inclinación), espaciamiento y cálculo de volúmenes. El método se ha validado con base en el análisis de nubes de puntos de afloramientos previamente caracterizados en detalle. Los resultados obtenidos demuestran una buena reproducción de la investigación, logrando la detección de los planos que describen cada familia, así como su ecuación y su orientación.

RN-10

VULNERABILIDAD HUMANA EN INFRAESTRUCTURAS PÚBLICAS: EL IMPACTO DE LOS SISMOS EN HOSPITALES Y TRANSPORTE DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Vaiciulyte Sandra, González Huerta Magdalena Isabel, Jiménez Barrera Angely Carolina y Novelo-Casanova David Alberto

UNAM

sandra.vcity@gmail.com

La Ciudad de México (CDMX), una metrópolis propensa al impacto de eventos sísmicos frecuentes, enfrenta desafíos significativos para proteger su infraestructura pública y garantizar la seguridad de sus ciudadanos. En esta investigación, se analizan los hallazgos de dos estudios que examinan el impacto de los terremotos en infraestructuras urbanas críticas: hospitales y el sistema de metro de la CDMX. El primer estudio investiga la implementación y efectividad de los sistemas de la

Alerta Sísmica Temprana (EEW, por sus siglas en inglés) en los hospitales de la Ciudad de México. A pesar del papel crítico de la EEW en la protección de poblaciones vulnerables, los hallazgos de entrevistas en profundidad con oficiales de protección civil y personal hospitalario revelan barreras significativas para la adopción efectiva de los protocolos existentes. Las limitaciones financieras y de recursos humanos, las directrices poco claras sobre la ubicación de la EEW y la capacitación y simulacros inconsistentes dificultan su uso práctico, lo que pone en riesgo a pacientes y proveedores de atención médica durante grandes eventos sísmicos. El segundo estudio se centra en el comportamiento y la preparación de los usuarios del metro durante los terremotos. Utilizando un método de triangulación que incluye encuestas, entrevistas estructuradas y en profundidad, así como el análisis temático de videos, esta investigación destaca una preocupante falta de adherencia a los protocolos de seguridad entre los usuarios del metro. Los hallazgos indican una brecha crítica entre el conocimiento y la respuesta pública a las amenazas sísmicas, agravada por la infraestructura envejecida y medidas de seguridad inadecuadas. En conjunto, nuestros resultados subrayan la urgente necesidad de mejorar las estrategias de preparación y respuesta ante terremotos en los hospitales y el sistema de metro de la CDMX e identifican desafíos únicos y comunes en estos entornos.

RN-11

EVALUACIÓN DEL PELIGRO SÍSMICO EN LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA MEDIANTE EL MÉTODO EMC-SIG

Ruiz Valdivia Oscar, Escudero Ayala Christian René y James Salmerón Diana Laura

Universidad de Guadalajara

oscar.ruiz7595@alumnos.udg.mx

En este trabajo se presenta un enfoque para la evaluación del peligro sísmico en la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) mediante la implementación del modelo de Evaluación Multicriterio basado en un Sistema de Información Geográfica (SIG). Esta zona es afectada por la subducción de la placa de Rivera bajo la placa Norteamericana, proceso que genera sismos en las costas de Jalisco y Colima. Por ejemplo, los sismos de magnitudes de 7.7 en 1837, y 8.2 en 1932 y los más recientes en 1995 y 2003 en las costas de Colima con magnitud Ms de 7.6. Para la estimación del peligro sísmico, se utilizó un conjunto de criterios que consistieron en datos geomorfológicos, geofísicos y geotécnicos. Estos criterios se integraron mediante el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP), con el que se asignó un peso a cada uno de los criterios con base en su contribución al peligro sísmico. Estableciendo que la aceleración máxima (PGA) tiene el mayor peso, seguido del valor promedio de velocidad de onda cortante en los primeros treinta metros (Vs30), el periodo fundamental del suelo (Ts), la profundidad al manto de roca, la geología, el tipo de suelo y la pendiente. Finalmente, con base en los pesos obtenidos las capas de cada criterio se integraron utilizando un SIG para estimar la microzonificación de peligro sísmico de Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG). Esta se presenta en cinco niveles, alto, medio-alto, medio, medio-bajo y bajo. Los resultados muestran que las zonas con niveles de peligro sísmico más alto se presentan en la zona centro, oeste, y sur, mientras que la zonas con peligro bajo se encuentran al norte y al este de la ZMG.

RN-12

DEL PELIGRO AL RIESGO: ¿CÓMO CARACTERIZAR FALLAS CORTICALES LENTAS EN EL CINTURÓN VOLCÁNICO TRANS-MEXICANO?

Núñez Meneses Andrés¹, Lacan Pierre¹, Wyss Max², Zúñiga Ramón¹ y Martínez-Jaramillo Daniel¹¹Instituto de Geociencias, UNAM²International Centre for Earth Simulation Foundation, Geneva, Switzerland
andresdavid.n623@gmail.com

El Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (CVTM) alberga el 50% de la población total del país, concentrada principalmente en mega ciudades de hasta más de 20 millones de habitantes. A lo largo de todo el CVTM hay diferentes sistemas de fallas corticales activos, los cuales están relacionados a sismos históricos importantes, con magnitudes de hasta 7.2 y al origen de numerosas víctimas. Dada la presencia de estas fallas activas, y sumado a la alta densidad poblacional del CVTM, es crucial la evaluación del peligro sísmico para la mitigación de riesgos. Para complementar los catálogos de sismicidad instrumental e histórica, y extender su alcance en el tiempo, hemos realizado estudios de paleosismología que nos permiten conocer el tiempo de retorno de los sismos, su magnitud máxima, los desplazamientos generados y su longitud de ruptura. En este trabajo presentamos algunos ejemplos de las investigaciones paleosismológicas anteriormente mencionadas, y la integración de los datos obtenidos en la evaluación de riesgo sísmico, a través del software QLARM. Para las simulaciones se tomaron como base los sismos históricos de Ameca (1568), Acambay (1912), y el sismo de Xalapa (1920). Los resultados permiten estimar la distribución de intensidades sísmicas, los daños estructurales y el número de muertos y heridos que podría ocasionar cada uno de estos sismos si ocurrieran hoy en día. Estos resultados destacan la importancia de considerar la ocurrencia de los sismos corticales y el comportamiento de algunos sistemas de fallas dentro del CVTM, en la evaluación del peligro sísmico.

RN-13

SISTEMA DE INFORMACIÓN SOBRE PELIGROS Y RIESGOS POR FENÓMENOS DE ORIGEN NATURAL (SISPER): PRESENTE Y FUTURO

Novelo Casanova David Alberto, Suárez Reynoso Gerardo y Hernández Hernández Aurora

Instituto de Geofísica, UNAM

dnovelo@geofisica.unam.mx

En noviembre, 2023, el Instituto de Geofísica (IGEF) de la UNAM puso a disposición de investigadores, estudiantes, y público en general, la plataforma digital llamada "Sistema de Información sobre Peligros y Riesgos (SISPER UNAM) sobre Fenómenos de Origen Natural". Hasta el momento, el sistema ha tenido gran aceptación por parte de la comunidad académica y representantes de protección civil. En el presente, SISPER UNAM se encuentra basado en un Sistema de Información Geográfica (SIG) con el propósito de apoyar acciones preventivas que mitiguen el impacto de los desastres por sismos, erupciones volcánicas, inundaciones, inestabilidad de laderas, incendios forestales, y subsidencia de la ciudad de México (CDMX) y algunas regiones de los estados de Chiapas, Guerrero, Morelos y Puebla. De igual manera, como parte de la información contenida en SISPER UNAM, se encuentra la modelación de la velocidad del viento de recientes huracanes que han impactado al país así como el reporte de los sitios en los que se han sentido los sismos locales en la CDMX. Actualmente, el sistema aloja más de 450 capas de información en formato vectorial (shapefile) y ráster. Se ha capacitado en el uso de la plataforma a representantes de protección civil de nueve alcaldías de la CDMX. Los principales usuarios de SISPER UNAM provienen de México, sin embargo, varios países lo consultan de manera frecuente, entre ellos los Estados Unidos, China y Francia. También, más de 500 usuarios lo accesan de manera recurrente. Por otro lado, se creó el Comité de Control y Monitoreo de SISPER UNAM, integrado por investigadores de diferentes disciplinas, con el propósito de supervisar la actualización y ampliación de la base de datos así como el funcionamiento de la plataforma.

RN-14

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA PRONÓSTICO DE ESCURRIMIENTOS SUPERFICIALES ASOCIADOS A EVENTOS DE LLUVIA INTENSA EN EL ESTADO DE VERACRUZ

Bello Delgado Luis Renato y Zúñiga Tovar Ángel Emmanuel

Instituto de Geografía, UNAM

luisrenatobello@hotmail.com

El proceso de transformación de las cuencas hidrológicas en el estado de Veracruz, debido al aumento de zonas urbanas y campos agrícolas, ha dado paso a la pérdida de infiltración de los suelos naturales, y con ello, mayor vulnerabilidad y riesgo de inundaciones ante la ocurrencia de eventos de lluvia intensa. Esta situación, se ha incrementado en diversas regiones del estado, principalmente en aquellas donde el cambio en la cobertura y uso de suelo (CCUS) es mayor. Con la puesta en marcha del Sistema de Alerta Temprana para Ciclones Tropicales (SIAT-CT) en el año 2000, se busca reducir el impacto de fenómenos atmosféricos intensos en México, sin embargo, este mecanismo de alertamiento considera únicamente la velocidad de los vientos, dejando de lado la evaluación de eventos de lluvia intensa, los cuales, representa un factor importante en la dinámica de las inundaciones en México. Actualmente, el estado de Veracruz es la región del país más afectada por este tipo de desastres, debido a la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos con gran potencial para generar lluvias intensas y a la condición ambiental de las cuencas hidrológicas. Ante esta situación, en 2011 se crea el Sistema Alerta Gris como herramienta que busca reforzar al SIAT-CT. Aún con la suma de estos esfuerzos, hoy en día la frecuencia de inundaciones en el estado continúa siendo la más alta del país. Por tanto, el presente trabajo busca establecer umbrales de peligro por lluvia intensa que puedan representar un riesgo de inundaciones para el Veracruz, tomando en cuenta el contexto de vulnerabilidad actual de las cuencas hidrológicas. A través del análisis estadístico de 515 estaciones bajo resguardo del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) se pretende identificar cambios en los patrones de intensidad de lluvia de las últimas décadas (1990-2020). Estos cambios en la dinámica del peligro consideran el análisis hidrológico de las cuencas (81) que integran el estado de Veracruz (pérdida de infiltración). El objetivo del presente estudio es aprovechar el conocimiento generado sobre la relación lluvia-escorrentía de las cuencas, con la información proporcionada por los pronósticos atmosféricos para generar un semáforo de alerta hidrológica para el estado de Veracruz, a nivel de cuenca. Como primeros resultados, a través del percentil 99 (P99) fue posible establecer un umbral de lluvia que pudiera caracterizar valores de peligro asociados con la frecuencia de eventos de inundación en diferentes regiones del estado de Veracruz. Además, se generó un registro de desastres por inundaciones histórico (1970-2020) que permite identificar las regiones más vulnerables y de mayor riesgo de desastres. Actualmente, se trabaja en evaluar el CCUS en las cuencas hidrológicas para determinar su nivel de vulnerabilidad ante eventos de lluvia intensa. Finalmente, consideramos que relacionar los valores pronosticados con información sobre el nivel de riesgo de inundaciones a nivel de cuenca puede contribuir con la prevención y reducción de riesgos de desastres por inundaciones en el estado de Veracruz.

RN-15

IMPACTO DEL CAMBIO DE COBERTURA Y USO DE SUELO (CCUS) EN EL RIESGO DE INUNDACIONES: BAHÍA DE ACAPULCO DE JUÁREZ, MÉXICO

Zúñiga Tovar Ángel Emmanuel y Magaña Rueda Víctor Orlando

Instituto de Geografía, UNAM

floodrsk@gmail.com

El proceso de transformación del paisaje natural en las cuencas hidrográficas es un indicador de la pérdida de infiltración de los suelos. Esta condición de vulnerabilidad ambiental (VA) incrementa el riesgo de inundaciones ante la ocurrencia de eventos peligrosos de lluvia intensa. La Bahía de Acapulco de Juárez (BAJ) localizada en la región costera del estado de Guerrero, México, ha experimentado cambios importantes en sus cuencas hidrológicas, debido al crecimiento urbano y el desarrollo agrícola. En esta región del país, la frecuencia y magnitud de las inundaciones se ha incrementado de forma importante en las últimas décadas. Por ello, esta investigación compara el efecto del cambio de cobertura y uso de suelo (CCUS) entre 1970 y 2010 con el aumento de la VA y el riesgo de inundaciones en la BAJ, utilizando los valores de intensidad de lluvia registrados durante la inundación ocurrida el 15 de septiembre de 2013, debido al ciclón tropical Manuel. Se utilizó el método de número de curva (CN) para determinar las zonas con mayor potencial de inundación, integrando valores de VA y de peligro por lluvia intensa. El resultado mostró que la pérdida de cobertura natural (40%) durante el periodo analizado, generó cambios importantes en VA, al reducirse (40%) la superficie ocupada por los niveles "muy bajo" y "bajo" para 2010. Esta condición de mayor VA coincide con el proceso de urbanización y la expansión de zonas agrícolas en gran parte de la bahía. El riesgo calculado para 1970 y 2010 utilizando como valor de referencia la intensidad de lluvia (100mm) de septiembre de 2013, permitió identificar que el nivel de riesgo dominante para 1970 corresponde a los niveles "muy bajo" y "bajo", mientras que para 2013, la VA asociada con el CCUS contribuyó con cambios importantes en el nivel de riesgo, siendo los niveles "alto" y "muy alto" los que ocupan aproximadamente el 40% de la superficie de la bahía. Para validar el riesgo de inundaciones calculado para la BAJ, se utilizó información satelital de las zonas inundadas en septiembre de 2013. El modelo demostró ser eficiente para reproducir las zonas afectadas por la inundación. Finalmente, podemos concluir que el CCUS influye en el nivel de VA y el riesgo de inundaciones en la BAJ, por lo que, su incorporación en estudios enfocados al riesgo de inundaciones aportaría información relevante sobre la importancia de preservar y conservar los ecosistemas terrestres como una medida para reducir impactos futuros por inundaciones.

RN-16

VULNERABILIDAD AMBIENTAL Y RIESGO DE INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Zúñiga Tovar Ángel Emmanuel¹, Magaña Rueda Víctor Orlando¹ y Zavaleta Medrano Tabhata²¹*Instituto de Geografía, UNAM*²*Facultad de Ciencias, UNAM*

floodrsk@gmail.com

El proceso de transformación del paisaje natural en las cuencas hidrológicas es un indicador de la pérdida de capacidad de infiltración de los suelos naturales y del aumento de escurrimientos superficiales. El Cambio de Cobertura y de Uso de Suelo (CCUS) en la Ciudad de México (CDMX) asociado al crecimiento urbano, es un factor que ha contribuido con el proceso de degradación de las cuencas hidrológicas localizadas al ponente de la ciudad. Este proceso de transformación del paisaje natural parece estar asociado con la tendencia de inundaciones en las últimas décadas. Por lo que, este trabajo compara el efecto del CCUS entre 1970 y 2016 con el aumento de la vulnerabilidad ambiental (VA) de las cuencas hidrológicas y el riesgo de inundaciones en la ciudad, con el objetivo de evaluar en qué medida la VA y el peligro (P) por lluvias intensas de forma individual o combinada contribuyen con el riesgo actual en la CDMX. Se combina información de variables ambientales y físicas del terreno para obtener un índice de vulnerabilidad ambiental para 1970 y 2016. Aplicamos un método asociativo que relaciona registros de inundaciones con datos de lluvia diaria, para determinar de forma empírica umbrales de peligro. Usamos el método de Número de Curva (NC) para determinar zonas potenciales de inundaciones (ZPI), integrando valores de VA y P. El resultado mostró que, los niveles de riesgo durante el periodo de análisis se redujeron para los niveles "muy bajo" (11%) y "bajo" (9%), mientras que para los niveles "moderado", "alto" y "muy alto" se incrementaron en 16%, 10% y 5%, respectivamente. Este incremento se observó en la zona poniente y sur de la ciudad, donde la VA también mostró cambios importantes. El resultado del modelo de riesgo se validó con registros de encharcamientos, encontrándose una correspondencia superior al 90%. Por tanto, concluimos que el efecto del CCUS en las cuencas hidrológicas es un factor que contribuye con la dinámica del riesgo de inundaciones en la CDMX, debido a la pérdida de infiltración de los suelos, por lo que preservar y conservar los ecosistemas naturales representa una medida de mitigación y prevención ante inundaciones urbanas.

RN-17 CARTEL

ANÁLISIS MORFOMÉTRICO Y EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA COBERTURA DE AGUA EN LAS LAGUNAS DE MONTEBELLO, CHIAPAS, MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES DE ALTA RESOLUCIÓN A CORTO Y LARGO PLAZO

Nieto Butrón Jacob Jesús¹, Ramírez Serrato Nelly Lucero¹, Camargo Pantoja Oscar Fabian², González Morán Tomás¹ y Santillán Espinoza Lina Elisa²

¹Departamento de Recursos Naturales, Instituto de Geofísica, UNAM

²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

jacob.nieto@ingenieria.unam.edu

El presente estudio tiene como objetivo analizar la morfometría de las lagunas de Montebello, Chiapas, y evaluar la evolución de la cobertura de sus cuerpos de agua a lo largo del tiempo mediante el uso de imágenes satelitales de alta resolución como RapidEye y WorldView. Este análisis se lleva a cabo tanto a corto como a largo plazo, comparando imágenes obtenidas mensualmente en 2023 y 2024 con imágenes anuales de 2000 a 2020. Los resultados nos permiten comparar los cambios en la cobertura de agua a lo largo del tiempo y correlacionarlos con los patrones anuales observados en las lagunas. El estudio emplea el Índice Normalizado de Diferencia de Agua (NDWI) para identificar y analizar las áreas cubiertas por agua. Este índice se calcula para cada imagen, convirtiendo los resultados en imágenes binarias que indican la presencia de agua. Posteriormente, estas imágenes se vectorizan para calcular el área cubierta por agua. En el análisis a largo plazo, se procesaron imágenes satelitales de distintos años, incluyendo una imagen SPOT 4 del año 2000, cinco imágenes SPOT 5 de los años 2006, 2007, 2009, 2010 y 2012, y una imagen WorldView-2 del año 2011, todas correspondientes a la época de estiaje. Además, se utilizaron imágenes de Landsat 8 del año 2021 y RapidEye de los años 2022 y 2023. Para el análisis a corto plazo, se analizaron 15 imágenes de RapidEye, obtenidas entre el 1 de abril de 2023 y el 20 de abril de 2024. Los resultados nos muestran que los cuerpos de agua a corto plazo tienen una extensión entre 5.87km² (temporada de estiaje) a 8.24km² (temporada de lluvias). Estos cambios están sujetos a procesos atmosféricos, como las épocas de sequía extrema y de lluvias fuertes que se han presentado estos últimos años como efectos antropogénicos (procesos de eutrofización). En la temporalidad de largo plazo se puede ver una tendencia de retardo de la precipitación con respecto a las inundaciones de las lagunas. Esto es por que las primeras lluvias tienden a evaporarse muy rápido y no logran mitigar el efecto de temperatura de la superficie, además de no lograr una buena infiltración en el subsuelo. Esta tendencia de retardo se evidencia por el aumento del espejo del agua hasta cuando se presentan lluvias continuas. Este estudio proporciona una comprensión detallada de los cambios en la cobertura de agua en las lagunas de Montebello, lo cual es crucial para desarrollar estrategias de conservación y manejo efectivas.

RN-18 CARTEL

EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS MEDIANTE HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO

Pacheco Chim Mariano¹, Hernández Hernández Mario Alberto¹, Hernández García Guillermo de Jesús² y Pardo Loaiza Jesús²

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

pacheco.chim@igeofisica.unam.mx

El agua es dentro de los recursos que nos provee la naturaleza, el más importante e indispensable, por lo que debe ser administrada en beneficio de toda la población. La gestión del agua tiene que ver con la forma como se administra este recurso natural. La cuenca del Lago de Cuitzeo enfrenta desafíos relacionados con la disponibilidad de agua, intensificados por el cambio climático y el aumento de las demandas humanas y agrícolas. La falta de estrategias efectivas para gestionar el recurso hídrico durante las épocas de baja o nula precipitación podría resultar en una mayor escasez de agua, afectando tanto a los ecosistemas locales como a las comunidades que dependen del lago y los acuíferos asociados. La implementación de la recarga artificial de acuíferos o MAR (Managed Aquifer Recharge, por sus siglas en inglés) se ha configurado en los últimos años como una herramienta de gestión hídrica económica y de gran efectividad. Existe una amplia gama de técnicas de recarga artificial, incluidas las técnicas de inyección por medio de pozos, captación de agua de lluvia que se deja infiltrar hasta el nivel freático. La implementación de la recarga artificial de acuíferos conducirá a una mejora en la disponibilidad de agua en la cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán, evaluada a través de sistemas soporte de decisión (herramientas para la gestión del agua). Con los sistemas de soporte a la decisión se pueden evaluar muchas alternativas de actuación de forma coherente, y seleccionar una suficientemente satisfactoria, antes de invertir grandes cantidades de dinero y realizar emprendimientos que ambientalmente son difíciles, sino imposibles, de revertir. Algunos ejemplos de estos sistemas son, Aquatool y WEAP. Se realizó una revisión de la literatura disponible sobre dos métodos de recarga artificial de acuíferos, pozos de infiltración y lagunas de infiltración, así como las herramientas Aquatool y WEAP que pueden integrarlos a sistemas de gestión, se está trabajando en la actualización de los modelos hidrológicos y del acuífero.

RN-19 CARTEL

ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE MOVIMIENTOS EN MASA RELACIONADOS CON INCENDIOS FORESTALES EN LA PORCIÓN CENTRAL DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN

Pedraza Andaverde Alely del Rocío y Salinas Jasso Jorge Alán

Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

alely.pedrazandv@uanl.edu.mx

La porción central del estado de Nuevo León en el noreste de México es constantemente afectada por incendios forestales que impactan extensas superficies. Los incendios forestales se han presentado con mayor frecuencia en los últimos años, alterando las propiedades del macizo rocoso y la cubierta vegetal, lo cual favorece la ocurrencia de procesos de inestabilidad de laderas. La magnitud y superficie de afectación del incendio pueden considerarse como factores que condicionan la susceptibilidad de movimientos en masa en la región. En este trabajo se evalúa la relación que existe entre la activación de incendios forestales y movimientos en masa en la porción central del estado de Nuevo León. El área de estudio comprende el Cañón de Santa Rosa ubicado entre los municipios de Linares e Iturbide, N.L. Se presenta una base de datos de incendios forestales documentando el tipo, propagación, magnitud, causa y efectos para aquellos eventos ocurridos en los últimos 10 años. Además, se reporta un inventario de movimientos en masa en la zona de estudio. A partir de un análisis de las condiciones geológicas, hidrológicas, forestales y climáticas (precipitación) se realiza una evaluación de la susceptibilidad de movimientos en masa en el área de estudio contemplando la influencia del impacto de incendios forestales.

RN-20 CARTEL

FOTOGRAMETRÍA EN EL ESTUDIO DE DESLIZAMIENTOS DE LADERA - CASOS DE ESTUDIO: TLAYACAPAN, MORELOS

Ventura Cruz Jessica¹, Jácome Paz Mariana Patricia² y Ramírez Serrato Nelly Lucero²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Departamento de Recursos Naturales, Instituto de Geofísica, UNAM

jessica.venturacruz@gmail.com

En el estudio de los procesos de remoción en masa en México existen herramientas como el Atlas Nacional de Riesgos a cargo del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), que permite identificar aquellas laderas o taludes susceptibles a deslizamientos. Además, se cuenta con cartografía de escala estatal y en algunos casos, municipal que permite tener un mayor acercamiento y conocimiento de estas laderas. Sin embargo, es necesario realizar estudios más locales e innovar metodologías que permitan conocer las condiciones específicas de las laderas, así como los factores desencadenantes. El objetivo general de este trabajo es identificar rasgos superficiales en laderas susceptibles que puedan ser indicadoras de la ocurrencia de un deslizamiento en la Sierra de Tlayacapan, Morelos a través del uso de la técnica de fotogrametría con drones. En dicha área de estudio, en los últimos años se han suscitado caídas de rocas y flujos de detritos, desencadenados tanto por sismos como por las altas precipitaciones. La metodología principal consiste en realizar levantamientos fotogramétricos periódicos abarcando diversas condiciones meteorológicas para así identificar los cambios superficiales en la geomorfología de las laderas del Cerro de las Mariposas y una ladera testigo en la localidad de San José de los Laureles, ambas en el municipio de Tlayacapan. Durante el primer levantamiento, realizado previo al inicio de la temporada de lluvias, se obtuvieron DEMs, que en comparación con los adquiridos del Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM, INEGI) muestran una mejor resolución espacial (centimétrica). Así mismo, la cartografía de pendientes derivada de dichos DEM muestran una diferencia importante en el que las pendientes máximas muestran ángulos máximos de 65° del obtenido del CEM, y ángulos de hasta 85° para el DEM derivado del levantamiento fotogramétrico. Se espera que con la resolución espacial dada en los levantamientos fotogramétricos los cambios en la geomorfología de las laderas de estudio, sean de fácil identificación y de mayor precisión. En este trabajo se presentarán detalles de la metodología, desventajas y ventajas de esta técnica y resultados preliminares y esperados.

RN-21 CARTEL

PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA MARIPOSA MONARCA CONDICIONADOS POR ROCAS ALTERADAS HIDROTERMALMENTE

Jiménez López Luis Ángel¹, Sánchez Núñez Juan Manuel¹, Rodríguez Contreras Perla², Escamilla Casas José Cruz² y Serrano Flores María Elena¹

¹Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo, IPN

²Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

³Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

ljimenez.geo@gmail.com

Los Procesos de Remoción en Masa (PRM) ocurridos en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca en febrero de 2010 se originaron principalmente al conjugarse la precipitación pluvial como factor detonante y el factor condicionante que comprende las características mecánicas de las rocas alteradas. Estas rocas, se encuentran cubiertas por flujos de lava andesítica con muy poca evidencia de alteración. Las

rocas donde ocurrieron los PRM, en los poblados de Anganguero, Canoas y El Rosario presentan condiciones físicas y mecánicas similares. La existencia de un yacimiento mineral regional de tipo mesothermal en la zona, propicia la alteración de las rocas preexistentes, las que han sido sometidas a una alteración hidrotermal que ha modificado sus propiedades mecánicas. El comportamiento mecánico de las rocas es definido por su resistencia y deformabilidad. La resistencia a la compresión simple de las rocas es el parámetro más común para definir los criterios de rotura y el comportamiento geomecánica de un macizo rocoso. La porosidad y el tamaño de poro ejerce efectos significativos en el comportamiento de los materiales cuando se someten a esfuerzos de compresión y tracción. La comparación de estos parámetros en los sitios mencionados muestra que las rocas alteradas presentan valores 0.26 a 0.86 MPa, otorgando un comportamiento más parecido a un suelo, susceptible a fallar ante el aumento de la presión hidrostática.

RN-22 CARTEL

ANÁLISIS MULTICRITERIO DE LA SUSCEPTIBILIDAD A SOCACIONES EN LA CIUDAD DE MÉXICO: APLICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO DE PESOS DE EVIDENCIA

García Cruzado Sergio Armando¹, Ramírez Serrato Nelly Lucero², Herrera Zamarrón Graciela², Hernández Hernández Mario Alberto³, Yépez Rincón Fabiola D.⁴ y Villarreal Samuel⁵

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Departamento de Recursos Naturales, Instituto de Geofísica, UNAM

³Investigador por México CONAHCYT, Instituto de Geofísica, UNAM

⁴Departamento de Geomática, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de Nuevo León

⁵Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C.,
Departamento de Ingeniería Sustentable, Subsedes Durango

garciacz93@gmail.com

Los socavones son un riesgo geológico que puede surgir de manera abrupta debido a factores tanto naturales como antropogénicos, los cuales se encuentran interrelacionados. Desde 2017, en la Ciudad de México se han registrado más de 500 socavones, una situación alarmante que pone en peligro tanto la infraestructura como la población. Por esta razón, la presente investigación se enfoca en mapear la susceptibilidad a la formación de socavones en la Ciudad de México, mediante la identificación, caracterización de 18 factores condicionantes asociados a este fenómeno y la aplicación del modelo de Pesos de Evidencia, un método ampliamente utilizado en la prospección geológica por su facilidad de uso. Sin embargo, uno de los aspectos críticos en la aplicación de este modelo es la comprobación de la hipótesis de independencia condicional entre los factores, ya que su omisión puede comprometer los resultados obtenidos. Por lo que el objetivo de este estudio es identificar las zonas más propensas a la formación de socavones y evaluar la validez de los resultados al verificar la hipótesis de independencia condicional en el modelo de Pesos de Evidencia, lo que permitirá anticipar y mitigar los riesgos asociados de manera más confiable. La información utilizada incluye datos satelitales y otros datos de libre acceso sobre la Ciudad de México, como el inventario de daños por socavones, mapas geológicos, registros de fugas de agua, encharcamientos, entre otros. La metodología aplicada se compone de cuatro etapas principales: 1) Preprocesamiento de la información: creación de una base de datos SIG en formato ráster y elaboración de los mapas de los factores condicionantes del fenómeno, 2) Evaluación de la hipótesis de independencia condicional: mediante la prueba de chi cuadrada, 3) Aplicación del modelo de Pesos de Evidencia: utilizando los factores condicionantes analizados y 4) Validación de los resultados: mediante la curva ROC (Característica Operativa del Receptor) y el área bajo la curva (AUC). Los resultados indican que existe independencia condicional en el 66% de las combinaciones posibles de los factores condicionantes. Esto permitió establecer cinco modelos diferentes: uno que incluye el uso de todos los factores y otros cuatro casos donde se cumple con la hipótesis de independencia condicional. El mapeo de susceptibilidad muestra que las zonas centro y este de la ciudad son las más propensas a la formación de socavones. Además, la validación con la curva ROC y los valores de AUC, que oscilan entre 0.79 y 0.92 para todos los casos, demuestra un buen desempeño de los modelos para identificar adecuadamente el fenómeno, destacando el modelo que incluye todos los factores como el más efectivo, a pesar de no cumplir la hipótesis de independencia condicional en su totalidad.

RN-23 CARTEL

ANÁLISIS GEOLÓGICO DE FENÓMENOS DEL SUBSUELO DE GRAN EXTENSIÓN: CASO MUNICIPIO DE TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO

Martínez Valdivia Frida Dalí, Peña Francisco Diana Luz, Hernández Oscoy Ariadna, Galaviz Alonso Alberto y Salazar Peña Leobardo

Instituto Politécnico Nacional, IPN

fridadalimartinezvaldivia_est@esiatipnct.com

En Toluca se desarrollan fenómenos del subsuelo que comprenden agrietamientos, hundimientos locales, subsidencia y fracturas geológicas. Estas manifestaciones se extienden en una zona amplia. El objetivo de este trabajo es evaluar los factores relacionados con estos fenómenos mediante la integración de estudios geológicos y geofísicos. Para el estudio de los fenómenos del subsuelo en Toluca, se analizaron los factores geohidrológicos. El relieve principal que controla las escorrentías en la zona corresponde a la ladera del volcán Nevado de Toluca. Como segunda aplicación principal, se mapearon los principales agrietamientos y hundimientos en la zona. Como complemento, se tomó en cuenta el factor de explotación de agua

subterránea que sucede con pozos distribuidos en el mismo Valle. Se consideró también la tectónica de la zona, bajo la posibilidad de la existencia de fallas geológicas que pudiera intervenir dada la extensión del fenómeno. Como resultados se obtuvieron el mapa de escorrentías y el de agrietamientos. Un análisis importante combinó el mapa de escorrentías con la distribución de los agrietamientos. La integración con resultados geofísicos sucede primero con la distribución de agrietamientos y la estructura del subsuelo deducida de exploraciones sísmicas. El planteamiento de la existencia de una falla o fallas locales, se integró con resultados de perfiles magnetométricos. La tectónica local-regional, se relacionó con la ocurrencia de los sismos históricos. Los principales factores que controlan el fenómeno, son los litológicos del subsuelo con los geohidrológicos que incluyen la sobreexplotación de los pozos de agua que abastecen a la Ciudad de Toluca, son los factores que provocan la subsidencia.

RN-24 CARTEL

GEOFÍSICA RELACIONADA CON FENÓMENOS DEL SUBSUELO DE GRAN EXTENSIÓN: CASO MUNICIPIO DE TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO

Escobar Gonzaga Jocelyn, Mena Hurtado Alberto, Zenteno Jiménez José Roberto, Chávez Hernández Omar Cristian, Galaviz Alonso Alberto, Hernández Oscoy Ariadna y Salazar Peña Leobardo

Instituto Politécnico Nacional, IPN

jescobarg1601@alumno.ipn.mx

Las aplicaciones geofísicas de este trabajo complementan los estudios geológicos para fenómenos del subsuelo de gran extensión en Toluca. Son una continuación de la geofísica en los casos de agrietamientos y hundimientos en zonas urbanas que se adaptan a una zona más amplia. El objetivo por un lado fue deducir la estructura interior de la zona relacionada con estos fenómenos, mediante exploración sísmológica y magnetométrica. Se complementó con registro sísmico para eventos locales y el análisis de deformación. La exploración sísmológica se llevó a cabo en las zonas principales según el reporte de agrietamientos geológicos y hundimientos. Se dedujo estructura superficial y semiprofunda. La magnetometría se aplicó para explorar alguna falla local-regional que pudiera influir en la extensión del fenómeno. Se llevó a cabo registro sísmico para indagar la existencia de posibles eventos locales según la tectónica de la región. Los trabajos se complementaron con medidas de deformación por interferometría de radar. Los resultados son la estructura del subsuelo relacionada con los agrietamientos, es un factor en el fenómeno. La estructura magnetométrica se relaciona más con la estructura profunda semicortical y la sismotectónica de la región. La sismicidad en la zona se ubica preferentemente hacia el sureste de Toluca. No se tiene mucha influencia por desarrollo de nuevas fallas superficiales en la zona de agrietamientos y fracturas. La deformación por subsidencia se relaciona en una parte con la manifestación de agrietamientos, es más controlada por la subsidencia en Toluca.

RN-25 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE LA FALLA ZINAPÉCUARO (SECTOR OCCIDENTAL DEL SISTEMA DE FALLAS MORELIA-ACAMBAY) CON ÉNFASIS EN EL PELIGRO SÍSMICO

Soria Caballero Diana Cinthia¹ y Gómez Vasconcelos Martha Gabriela²

¹Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

²CONAHCYT-UMSNH

dcinthiasoria@gmail.com

La falla Zinapécuaro es una falla de características comunes dentro del sector occidental del Sistema de Fallas Morelia-Acambay; si bien no es una de las estructuras más grandes del sistema, si posee una longitud considerable (20 Km); sobre su traza de falla se observan marcadores geomorfológicos que sugieren su actividad reciente. Adicionalmente, la falla cuenta con registros de sismicidad histórica e instrumental moderna y sus segmentos son vías de emisiones hidrotermales de actividad económica importante. Sin embargo, el potencial sismogénico de esta falla no ha sido calculado con detalle, por lo que es necesario evaluar el grado de actividad sísmica de la falla Zinapécuaro, incorporando metodologías geomorfológicas, paleosismológicas y geofísicas. Esto contribuirá a mejorar el entendimiento acerca del comportamiento neotectónico de la región, aumentará el conocimiento sobre los peligros sísmicos que puede generar la actividad de las fallas en esta región y apoyará planes de aprovechamiento de recursos geotérmicos locales. La falla Zinapécuaro posee una orientación este-noreste – oeste-suroeste (060-090°), con geometría en échelon y un escarpe superficial bien definido con desnivel máximo de 115 metros. Esta falla es la principal de un conjunto de 118 segmentos que abarcan un área de 20 km de longitud y 3 a 6 km de ancho, poseen un comportamiento normal ligeramente sinistral con el bloque de techo cayendo al noroeste. Adicionalmente, se asocian 30 trazas de fallas con orientaciones: 300-360° y 010-020°, las cuales son oblicuas a la estructura principal. La falla Zinapécuaro desplaza 100 m a los flujos piroclásticos del complejo volcánico de los Azufres y los domos de Agua Fria (con edades de 1.39-1.6 Ma) y también desplaza los sedimentos lacustres de Cuitzeo por 3-4 m. Considerando sus características morfológicas se estima que esta falla tiene una tasa de desplazamiento de 0.28 mm/año, con un intervalo de recurrencia de 2800 años y que podría producir sismos con magnitudes potenciales hasta Mw 6.5-6.7 (Gómez-Vasconcelos et al., 2021). Históricamente hablando, la zona de

falla de Zinapécuaro ha sido escenario de los sismos de Araró, el 15 de mayo de 1845, y la crisis sísmica de la región de Ucareo–Zinapécuaro–Acámbaro en octubre de 1872 y noviembre de 1874, los cuales se han relacionado con la actividad de las fallas normales E-O que cortan depósitos volcánicos de 150 mil años de edad. Adicionalmente, esta zona de falla condiciona las emanaciones de fluidos hidrotermales que son observadas en los alrededores de Araró y que son fuente de actividades económicas locales para su aprovechamiento como balnearios y actividades recreativas.

Sesión regular

SEDIMENTOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA

Organizadores

Isabel Israde Alcántara
Norma González Cervantes
Mildred Zepeda

SED-1

THE LOWER PATLANOAYA GROUP: SEDIMENTOLOGICAL AND PETROGRAPHIC PERSPECTIVES ON THE EVOLUTION OF THE PANGAEA ASSEMBLAGE IN SOUTHERN MEXICO

Zepeda Martínez Mildred¹, Martini Michelangelo², Solari Luigi¹, Gutiérrez Navarro Rodrigo¹ y Anaya Jonathan A.³

¹Instituto de Geociencias, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

³New Mexico Institute of Mining and Technology
mildredzm@geociencias.unam.mx

During the Late Paleozoic time, the oldest rocks in Mexican territory were located on the periphery of Gondwana, making Mexican territory largely influenced by the tectonic processes involved in the assembly of Pangea. This global tectonic event is recorded in the Paleozoic metamorphic rocks of the Acatlán Complex, which preserves the stratigraphic record of the Patlanoaya Basin, developed in southern Mexico during the Late Paleozoic time. The Patlanoaya Group, exposed in Puebla, is notable for its low deformation and minimal recrystallization. Although the Patlanoaya Group has been the subject of various paleontological studies in recent decades, no detailed sedimentological analysis has been conducted for each formation within the group. Consequently, environmental reconstructions have mainly relied on fossil content, leaving the evolution of sedimentary environments within this unit poorly defined from a sedimentological perspective. Some researchers attribute the detrital-carbonate nature of this succession to sea-level fluctuations or climatic changes, but such interpretations downplay the significance of major tectonic events in southern Mexico during the assembly of Pangea. Within this tectonic context, some suggest that the Patlanoaya Group was deposited in a compressive tectonic setting due to the collision between Laurentia and Gondwana. Others associate it with an extensional basin linked to the exhumation of high-pressure rocks from the Acatlán Complex in a supra-subduction setting. It is also proposed that the succession resulted from the erosion of the Oaxacan and Acatlán Complexes. As a result, the origin and significance of the variation between siliciclastic and carbonate sedimentation throughout the Patlanoaya Group succession remain subjects of important debate. In the framework of the PAPIIT IN107924 project, this work shows the reconstruction of the tectono-sedimentary evolution of the lower Patlanoaya Group by integrating sedimentological, petrographic, and U-Pb detrital geochronological data. Our findings suggest that the lower Patlanoaya Group was deposited in an Early Mississippian basin, beginning with debris flow deposits from small-scale reliefs composed of low-grade metamorphic rocks, followed by deposits from an NNE-trending axial fluvial system derived from low-grade metamorphic rocks in a mylonitic zone. Therefore, the deposition of the lower Patlanoaya Group was controlled by an NNE-oriented mylonitic shear zone associated with the formation of a supradetachment basin and the progressive exhumation of high-pressure rocks during a significant extensional event in the Early Mississippian time.

SED-2

CAPAS ROJAS CONTINENTALES EOCENAS EN EL BLOQUE CHORTIS: ¿QUE NOS DICE LA SEDIMENTOLOGÍA Y LA PROCEDENCIA SEDIMENTARIA SOBRE SU POSIBLE CONEXIÓN CON LA CUENCA DE OAXACA?

Sierra-Rojas María Isabel¹, Martens Uwe C.², Gutiérrez Axel³ y Valencia Víctor⁴

¹Departamento de Geociencias, Universidad de los Andes

²Instituto de Geociencias, UNAM

³Facultad de Ciencias, Universidad de San Carlos de Guatemala

⁴School of Earth and Environmental Sciences, Washington State University
m.sierrarojas@uniandes.edu.co

Estudios de sedimentología y procedencia sedimentaria en capas rojas en Guatemala han revelado detalles sobre la evolución tectónica de las cuencas de pull-apart durante el Paleoceno y Eoceno en la zona occidental del límite transformante Norteamérica-Caribe. Proponemos al menos dos depocentros diferentes: uno localizado al norte del actual límite de placas, el cual fue llenado con sedimentos clásticos continentales representados por las formaciones Chanchán y Subinal. El segundo depocentro identificado se localiza al sur del actual límite de placas,

en el Bloque Chortis, representado por la Formación Esquipulas. Proponemos que la sección tipo de la Formación Esquipulas aflora al sureste de Guatemala, en la carretera entre Concepción Las Minas y Esquipulas; sin embargo, los afloramientos se extienden al norte hacia Jocotán y al este hacia territorio de El Salvador y Honduras. La Formación Esquipulas se encuentra en contacto discordante y por falla con rocas metamórficas (Filita San Diego) y calizas de la Formación Átima; el contacto superior es con el Grupo Padre Miguel del Mioceno. Composicionalmente, se caracteriza por presentar una sucesión consistente en brechas, conglomerados, areniscas y lodolitas depositadas por flujos de lodos y escombros, así como depósitos fluviales. Los conglomerados y areniscas de la Formación Esquipulas están compuestos predominantemente de rocas volcánicas intermedias a ácidas, con presencia subordinada de cuarzo lechoso, calizas y rocas metamórficas. Las características sedimentológicas y composicionales, así como la reconstrucción tectónica de depocentros paleógenos asociados al límite transformante Norteamérica-Caribe, sugieren una conexión entre el Bloque Chortis y el sur de México durante el Paleógeno. Proponemos que la Formación Esquipulas fue depositada en el Eoceno en un ambiente donde el relieve pudo estar controlado por edificios volcánicos, en un ambiente húmedo con intermitencia entre procesos fluviales y volcánicoclásticos.

SED-3

ESTRATIGRAFIA Y SEDIMENTACIÓN DEL LAGO TECTÓNICO DE CUITZEO DEL MIOCENO AL RECIENTE

Israde-Alcántara Isabel¹, Gogichaishvili Avto², Morales Juan Julio², Pérez Rodríguez Nayeli², Domínguez-Vázquez Gabriela³ y Urrutia Fucugauchi Jaime²

¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

²IGEOF-UNAM

³Facultad de Biología, UMSNH
isaisrade@gmail.com

La Cuenca del lago de Cuitzeo, contiene un registro de sedimentación continua del Neogeno al Reciente- Siendo el segundo mas grande de Mexico confiere un interés el conocer varios factores de su evolución y su interrelación. con procesos volcano-tectónicos, sedimentarios y la variabilidad climática que ha experimentado. El cambio climático del ultimo decenio y el impacto antrópico han producido un brusco descenso con una desecación casi completa en el 2024. Su historia inicia durante el Mioceno-Plioceno (8 a 2 Ma) está representado por tres facies: 1) Lacustres biogénicas, que son las mas dominantes con espesores de hasta 50 metros que se intercalan con 2) Facies detríticas finas arcillosas. En solo un intervalo estas facies detríticas incluyen arenas y conglomerados con madurez textural alta. Sobreayaciendo los conglomerados se presentan sedimentos biogenicos se intercalan con facies mas detríticas 3) Le siguen facies vulcanoclasticas hacia la cima de los estratos Mio-Plicenicos que cierran el ciclo lacustre. La cartografía realizada testimonia un lago mas extenso que en este periodo fue un lago con una orientación NO-SE. El sucesivo basculamiento y fallamiento E-O dio lugar al desplazamiento del lago hacia el Norte donde se ha desarrollado hasta la actualidad En el sector SE del lago actual se observan sedimentos lacustres han sido levantados durante el Holoceno en dos episodios. El primero 30 metros por encima del nivel actual del lago y un sucesivo fallamiento, mas reciente, levanto los sedimentos 5 metros por encima de la actual rivera del lago. Con el propósito de documentar la evolución Pleistoceno-Holoceno se extrajeron siete núcleos en los dos vasos del actual lago con longitudes de 30 a 121 metros. La estratigrafía detallada registra evidencias de excursiones geomagnéticas, el impacto de un meteorito, grandes incendios y eventos volcánicos, algunos asociados al vulcanismo de la Caldera de Lo Azufres. Comparando ambos periodos de evolución paleoambiental el lago Miocénico mantuvo facies indicativas de ambientes profundos y condiciones alcalinas. Mientras que el lago Pleistoceno-Holoceno registra un relleno con facies mas detríticas, y de alta concentración iónica, y con algunos periodos de formación de ciénegas.

SED-4

AVANCES EN LA CARACTERIZACIÓN DEL SUBSUELO EN EL POLÍGONO PROVIDENCIA-COUNTRY, GUADALAJARA, JALISCO, MEDIANTE LA METODOLOGÍA IAEG

Nieto Cárdenas Iván Mariano

Universidad de Guadalajara

ivan.nieto0834@alumnos.udg.mx

En los últimos 10 años, el municipio de Guadalajara ha sufrido un crecimiento demográfico del 7%, derivando en una importante derrama económica, lo cual ha detonado la acelerada construcción de edificios y torres de departamentos, tendencia que ha impactado a varias zonas del municipio, siendo una de las más importantes el polígono Providencia – Country. Debido a que este tipo de estructuras requieren la ejecución de excavaciones y cimentaciones profundas, es imprescindible realizar una adecuada campaña de exploración geotécnica para conocer la estratigrafía y las propiedades del subsuelo (plasticidad, rigidez, granulometría, entre otras). De esta manera, es posible generar los diseños geotécnicos y estructurales óptimos que garanticen la seguridad y economía de los proyectos. El objetivo de esta investigación es caracterizar de manera integral el subsuelo del polígono antes mencionado, con la finalidad de determinar una estratigrafía preliminar e identificar las anomalías presentes en el medio. La descripción y caracterización del subsuelo fue realizada mediante metodología propuesta por la International Association of Engineering Geology (IAEG). Se analizó la información presentada en 69 sondeos de penetración estándar realizados por la empresa Grupo Sandstorm Gam en los últimos 10 años, resultando en una serie de perfiles geológico-geotécnicos (cross-sections) distribuidos dentro de la zona de estudio. En estos perfiles se indica la distribución estratigráfica del subsuelo, en la que predominan estratos de arena limosa de espesores variables, correspondientes a la denominada Toba Tala, la cual cuenta con intercalaciones de lentes de arcillas, limos y gravas. Adicionalmente, se presenta la profundidad del basamento rocoso (basalto), el cual es precedido por algunos depósitos de la denominada ignimbrita Guadalajara. La investigación permitió generar un mapeo preliminar de la estratigrafía del subsuelo, la distribución estimada de los depósitos de ignimbrita Guadalajara y la profundidad aproximada del nivel de agua subterránea, además de identificar una anomalía producida por un marcado desnivel de 25 metros en la profundidad de contacto entre la Toba Tala y el basamento rocoso.

SED-5 CARTEL

EVOLUCIÓN DE LA SIERRA MADRE ORIENTAL, NE DE MÉXICO A TRAVÉS DE CAMBIOS CLIMÁTICOS, DE LA CONFIGURACIÓN GEOTECTÓNICA Y LOS PROCESOS SEDIMENTOLÓGICOS

Romero Landin Deisy Guadalupe, Cerda Vázquez María del Rosario, Robles Uribe Jenifer Fabiola y Jenchen Uwe

Universidad Autónoma de Nuevo León

deisy.romerol@uanl.edu.mx

El Noreste de la Sierra Madre Oriental ha sido sede de increíbles cambios geológicos. En donde los principales cambios se han documentado en el Jurásico Medio, el Jurásico Tardío, el Cretácico Temprano, el Cretácico Tardío/Paleoceno y finalmente en el Plioceno/Pleistoceno. Debido a estos cambios se analizarán y compararán las diferencias climáticas por medio de procesos sedimentológicos, así como, la influencia por parte de procesos geotectónicos. A partir del Jurásico Medio, se abre camino la separación de Pangea, formando altos como el Bloque de Coahuila y el Archipiélago de Tamaulipas, de los cuales el último marca la barrera entre el Pacífico y el Golfo de México. En el Jurásico Tardío, se observa la profundización de cuencas y formación de lagunas marinas someras con el aumento de niveles marinos. Finalmente se conectan el Atlántico Norte y el Golfo de México. Para el Cretácico Temprano, se cambia el patrón de la sedimentación con la conexión al mar de Tethys y formación de arrecifes alrededor de los Bloques levantados. Regresiones y transgresiones dominan la configuración paleogeográfica. Los testigos de esta sedimentación se reflejan hasta el día de hoy en los rasgos morfológicos de la Sierra Madre Oriental. Durante el Cretácico Tardío, la transgresión global debido a la formación forzada de corteza oceánica en combinación con el inicio con la Orogénesis Mexicana cambia drásticamente la geometría de la cuenca. Finalmente, la historia más joven de la región está documentada en sedimentos terrestres como depósitos lacustres o fluviales que documentan la interacción climática de la Sierra Madre Oriental y su foreland.

SED-6 CARTEL

ONCE MIL AÑOS DE HISTORIA PALEOAMBIENTAL EN EL BAJÍO GUANAJUATENSE

Dominguez Vázquez Gabriela¹, Castro López Valerio²,
Israde Alcántara Isabel³ y Osuna Vallejo Verónica⁴

¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

²UNAM

³INICIT, UMSNH

⁴UMSNH

gabriela.dominguez@umich.mx

Un núcleo de 11 m de profundidad fue obtenido en el lago cratérico La Alberca, Valle de Santiago Gto. El núcleo fue analizado para diatomeas, polen, partículas carbonizadas, y geoquímica. Los resultados indican que, durante el Holoceno temprano el clima fue frío y húmedo con presencia de elementos de bosques templados. La alta humedad evitó incendios, y la presencia de diatomeas indica un lago profundo con aguas diluidas y alto aporte de material clástico debido a la precipitación. En el Holoceno medio, se observaron cambios climáticos significativos, con una tendencia hacia la aridificación, reflejada en la vegetación y la química del lago, indicando menor profundidad y mayor salinidad. La aridez intensificada afectó las comunidades vegetales y promovió la evaporación y salinidad del agua. En el Holoceno tardío, las señales biológicas reflejan tanto cambios climáticos como el impacto humano, con predominio de arbustos y herbáceas y condiciones secas persistentes, aunque hubo un evento de sequía intensa entre AD 1400 y 1500.

Sesión regular

SISMOLOGÍA

Organizadores

Héctor González Huizar
Francisco Córdoba Montiel

SIS-1

THE ROLE OF SEISMIC WAVES ON MULTI-FAULT RUPTURING

González Huizar Héctor¹, Douilly Roby² y Alvarado Moguel Stephanie N.³¹División de Ciencias de la Tierra, CICESE²University of California, Riverside³Universidad Nacional Autónoma de México

hgonzalez@cicese.mx

In this study we investigate the role of dynamic triggering mechanisms on the occurrence of multi-fault rupture earthquakes. Multi-fault rupture earthquakes occur when the rupture along a fault propagates into other nearby faults. Recent studies have shown that in some cases of multi-fault ruptures the seismic waves generated by the failure in one of the faults plays an important role in trigger the failure of the subsequent faults. That is, in cases where the distance between the ruptured faults is too large (several fault lengths) so that the slip of the first fault causes static stress changes on the second fault insufficient to promote its failure; the triggering (or at least the weakening) of the second fault by the seismic waves from the first one, is a plausible mechanism. Using numerical models we evaluate the role of seismic wave-related stress in promoting multi-fault ruptures. Specifically, we investigate the potential propagation of a rupture on the San Jacinto fault onto the San Andreas fault in California, and the potential propagation of a rupture on the Imperial fault onto the Cerro Prieto fault, across the USA-Mexico international border.

SIS-2

NUMERICAL SIMULATIONS REPRODUCE CHARACTERISTICS OF DISTRIBUTIONS OF NON-DOUBLE-COUPLE COMPONENTS IN GLOBAL MOMENT TENSOR CATALOGS

Rösler Boris¹, Stein Seth², Ringler Adam T.³ y Vackár Jiri⁴¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE²Northwestern University³Albuquerque Seismological Laboratory, United States Geological Survey⁴Institute of Rock Structure and Mechanics, Czech Academy of Sciences
info@boris.net

Non-double-couple (NDC) components of seismic moment tensors (MTs) describe earthquake source processes beyond the double-couple components representing slip on planar faults. MTs from global and regional catalogs find pervasive NDC components with a mean deviation from a double-couple (DC) source of around 20%. Their distributions vary only slightly with magnitude, faulting mechanism, or geologic environments. This consistency suggests that for most earthquakes, especially smaller ones, NDC components are largely artifacts of the MT inversion procedure. This possibility is supported by the fact that NDC components for individual earthquakes with $M_w < 6.5$ are only weakly correlated between catalogs. We explore this possibility by generating synthetic seismograms for the DC components of earthquakes around the world using one Earth model and inverting them with a different model. To match the waveforms with a different Earth model, the inversion changes the mechanisms to include a substantial NDC component while largely preserving the fault geometry (DC component). The resulting NDC components have a size and distribution similar to those reported in global catalogs. MT inversions not adequately accounting for the effects of laterally varying Earth structure can also cause the NDC components of MTs to have a preferred polarity for large shallow thrust- and normal-faulting earthquakes. MT catalogs show that strike-slip earthquakes have predominantly negative NDC components, whereas simulations show equal likelihood for negative and positive NDC components. Hence the preferentially negative NDC components for strike-slip earthquakes could reflect global fault geometry. These NDC components could also be additive, reflecting near-simultaneous strike-slip and dip-slip faulting, such that more common normal-faulting contributions give rise to negative NDC components whereas contributions of thrust-faulting yield positive NDC components. The mean NDC components of earthquakes of all faulting types tend to zero with increasing magnitude, supporting the hypothesis that the different polarities for earthquakes with different faulting types is largely due to lateral heterogeneity of Earth structure to which the longer wavelengths used in the inversion of larger earthquakes are less sensitive.

SIS-3

CALIBRACIÓN DE MAGNITUD DE CODA A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE UNA BASE DE DATOS DE TENSORES DE MOMENTOS SÍSMICOS

Iglesias Arturo, Singh Shri Krishna, Franco Sara Ivonne, Espíndola

Víctor Hugo, González Daniel, González Adriana y Félix Rafael

Universidad Nacional Autónoma de México

arturo@geofisica.unam.mx

A través de la relación: $M_c = a + b \cdot \log(T) + c \cdot D$...1 donde a, b y c son constantes, T es la duración de coda y D es la distancia entre el evento y la estación; es posible estimar la magnitud de un sismo llamada magnitud coda o magnitud de duración. El Servicio Sismológico Nacional (SSN) mantiene una base de datos que contiene para cada evento reportado, la duración de los registros o coda (T) y la distancia evento-estación (D), entre otros parámetros. El (SSN) junto con personal del departamento de Sismología del Instituto de Geofísica de la UNAM, llevan a cabo el cálculo sistemático de tensores de momentos sísmicos para temblores con magnitud $M \geq 4.3$ ocurridos en México a través de la inversión de la forma de onda de registros regionales de estaciones operadas por el SSN. Con el momento sísmico escalar determinado con dicho sistema, se estima M_w la cual es usada en la expresión 1 para que, a través de un proceso de inversión por mínimos cuadrados, se determinen los valores de las constantes en dicha expresión. El problema inverso por mínimos cuadrados se plantea de la siguiente manera: $mest = [a, b, c]T = (GT^*G)^{-1}(GT^*d)$, donde mest es el vector de parámetros estimados, d es el vector que contiene las magnitudes (M_w) de cada sismo y G es el kernel que relaciona los parámetros y las magnitudes estimadas: $G = [1, \log(T_1), D_1; 1, \log(T_2), D_2; \dots; 1, \log(T_n), D_n]$ Con efecto de tener estimaciones confiables, solamente se usaron las soluciones del tensor de momentos de sismos que tuvieron reducciones de varianza $VR \geq 60\%$, por lo que contamos con 269 eventos. Con el uso de los 269 eventos y 530 determinaciones de T y D, se llevó a cabo la inversión para las constantes a, b y c, resultando -0.35, 1.92 y 0.0002, respectivamente. La ecuación 1 se puede describir como: $M_c = -0.35 + 1.92 \cdot \log(T) + 0.00002 \cdot D$

SIS-4

APLICACIÓN DEL IBEM USANDO UNA APROXIMACIÓN ANALÍTICA DE LA FUNCIÓN DE GREEN DE LA ELASTODINÁMICA EN UN MEDIO CON VARIACIÓN LINEAL DE LA VELOCIDAD

López-Sugahara Oscar Isao, Félix Pertion Mathieu y Sánchez-Sesma Francisco José

Instituto de Ingeniería, UNAM

olopez@iingen.unam.mx

Uno de los modelos más estudiados en sismología es el de múltiples estratos planos. Sin embargo, el costo computacional de estos modelos aumenta con el número de regiones consideradas. En este trabajo, se explora una alternativa en la que las propiedades físicas varían gradualmente con la profundidad, evitando las discontinuidades típicas de un medio estratificado, y en lugar de múltiples regiones, se utiliza una sola región heterogénea cuyas propiedades cambian con la profundidad. En este estudio, se aplica la función de Green para un medio inhomogéneo con variación lineal de la velocidad. El propósito es analizar y caracterizar las ondas superficiales en un medio con superficie libre. Pretendemos utilizar estos resultados para calcular numéricamente el cociente espectral HVSR, basado en la teoría del campo difuso, y eventualmente abordar modelos más complejos con geometrías irregulares. Además, se compara la función de Green para un medio inhomogéneo con un modelo de múltiples estratos homogéneos que simulan el cambio gradual de las propiedades físicas.

SIS-5

VALIDACIÓN DE MODELOS 1D PARA LA CUENCA DE MÉXICO A PARTIR DE LA SIMULACIÓN DE LOS TRENES DE ONDA P Y S USANDO EL MÉTODO DE HASKELL

Cruz Jiménez Hugo, González Josué Gabriel y Sánchez Sesma Francisco José

Instituto de Ingeniería, UNAM
hugocj75@hotmail.com

En este trabajo construimos modelos para simular de manera local los primeros arribos de ondas P y S de sismos mexicanos de profundidad intermedia con fallamiento normal usando el método de Thomson-Haskell. Para este modelo consideramos una estratigrafía local 1D sobre un semi espacio. Además, usamos la descripción de campo lejano de Aki y Richards (2002) para una dislocación puntual y consideramos que la respuesta en superficie está principalmente afectada por la estratigrafía local. Bajo estas consideraciones, calculamos el movimiento en superficie debido a un sismo considerando el arribo de ondas P y S en la base de la estratigrafía. La ondícula del sismo se estima usando el tren de ondas P del componente vertical observado, la cual se usa como señal de entrada para las ondas P y S. Usando las expresiones de campo lejano y, en una primera aproximación, ignorando la diferencia en los patrones de radiación de la fuente, la onda S es escalada por la relación de velocidades del semi espacio V_p^3/V_s^3 . Analizamos los modelos de velocidades (somero $H < 60\text{m}$) calculados por Wood et al. (2024), cuyos espesores y velocidades de corte dependen de los periodos dominantes de cada sitio de la cuenca, y los modelos profundos ($H < 4.5\text{ km}$) obtenidos a partir de la inversión de Cocientes Espectrales H/V usando el paquete de las ondas S de 6 sismos mexicanos de profundidad intermedia (Nagashima et al., 2014). Construimos modelos para 5 estaciones, localizadas en diferentes sitios de la Cuenca de México, combinando los modelos profundos y someros correspondientes a cada sitio, y simulamos los registros del sismo del 19 de septiembre del 2017. Este estudio se ha desarrollado dentro del proyecto DGAPA-UNAM PAPIIT IN105523.

SIS-6

MODELING FLUID SATURATION EFFECTS ON SEISMIC AMPLIFICATION

González Josué Gabriel y Sánchez-Sesma Francisco José

Instituto de Ingeniería, UNAM
jgonzalez@cicese.edu.mx

Local conditions of geological settings and soils influence seismic waves as they pass through the system. These conditions can significantly alter the amplitude, frequencies, and duration of the seismic waves, affecting the intensity of ground shaking experienced during an earthquake. The fluid saturation can play a significant role in modifying this site's effects. However, its understanding has not been fully explored because it is commonly believed that the fluid effects are constrained to P-waves, which are not critical in site characterization. Nevertheless, the S-waves are not free of fluid effects in the complex system that a saturated medium represents. In this work, we analyze how the saturation of a soil layer affects the response to S-waves coming from the earth's interior. We perform a semi-analytical analysis of this case by representing the soil as a porous layer and modeling its response using the theory of poroelasticity. This analysis shows that saturation can affect the layer's response even to incident S-waves, highlighting the importance of accounting for saturation in seismic hazard assessments. This work was supported by DGAPA-UNAM Postdoctoral Program (POSDOC) and PAPIIT Project IN105523.

SIS-7

MODELING HVSR IN A LATERALLY INHOMOGENEOUS LAYERED MEDIUM USING THE DIFFUSE FIELD ASSUMPTION

Sánchez Sesma Francisco José¹, Weaver Richard L.², Baena Rivera Marcela¹, Arciniega-Ceballos Alejandra³, Rodríguez-Zosayas Diana A.¹ y Perton Mathieu¹¹Instituto de Ingeniería, UNAM²University of Illinois, Urbana-Champaign, USA³Instituto de Geofísica, UNAM
sesma@unam.mx

The evaluation of the effects of surface geology is crucial for seismic hazard assessment. The horizontal-to-vertical spectral ratio (HVSR) of ambient seismic noise (ASN) is a very popular technique to assess the dominant soil frequencies of a given site. In combination with inversion schemes, it is very useful to estimate the properties of the subsoil assuming flat layers and usually ignoring lateral inhomogeneities. In practice, HVSR show significant lateral and azimuthal changes. This introduces uncertainties in the characterization of a site, therefore lateral and angular variations in assorted layered settings should be accounted for. Inversion of soil properties for horizontally layered media is feasible assuming that ASN constitutes a diffuse field, i.e., engendered by equipartitioned uniform illumination and/or by random sources and multiple scattering by heterogeneities. The HVSR have been modeled under the diffuse field assumption (DFA). This is achieved in practice by calculating the imaginary parts of the Green's function (IMGs) when source and observer coincide at the same point. We use the 3D Indirect Boundary Element Method (IBEM) to model directional HVSR in a medium with lateral inhomogeneity. The IMGs at the source required to get HVSR has frequency

dependent locality properties and may imply significant economies in the calculation. For simple models we modeled the IMGs approximately using an adaptive meshing scheme that accounts both for the locality of the problem and the diffraction properties of waves at low and high frequencies. The obtained directional HVSR detected variations in both its maximum value and the frequency at which it is maximum, for different azimuths. Layer interface variations can give rise to "spots" of large amplification. This suggests the need for denser field measurements for lateral and azimuthal variability. This work was partially supported by the UNAM-UI Research Partnership Program 2023 and by DGAPA UNAM under projects PAPIIT IN105523 and IN104823.

SIS-8

COULOMB STRESS TRANSFER IN THE EASTERN CORDILLERA, COLOMBIA: COMPARISON OF PLANAR AND NON-PLANAR RECEIVER FAULT GEOMETRIES

León Loya Rodrigo Alejandro y Poveda Núñez Hugo Esteban

Departamento de Geociencias, Universidad de los Andes
r.leonl@uniandes.edu.co

Colombia is located in the northwest of the South American Plate, where the Nazca Plate subducts beneath it along the Pacific Coast. To the north, a complex tectonic setting occurs with the interaction of the Panamá-Chocó block, the Caribbean, and South American plates. The Andean region features multiple active crustal fault systems that separate crustal blocks of different ages, affinities, and stress regimes, known as the Northern Andean Block (NAB). According to GNSS data, the NAB moves northeast with an azimuth of 60° at a rate of 8.6 mm/yr , and the deformation is accommodated by faults within the NAB. To the east of the NAB, the Eastern Cordillera is composed of multiple active fault systems that separate the NAB from the cratonic region of the South American Plate. In the central part of the Eastern Cordillera, the Algeciras, Servitá, and Guacaramo fault systems have generated significant earthquakes, including the 1917 M 7.0 Villavicencio event, which caused large landslides burying villages near the epicentral area and substantial damage in Bogotá, with many buildings severely damaged or destroyed. This study models Coulomb stress transfer for 16 seismic events with $M \geq 5$ that occurred between 1917 and 2023. These events are related to sections of the Algeciras, Servitá, and Guacaramo faults. The Coulomb stress transfer modeling is resolved on both planar and non-planar receiver faults to determine if non-planar receiver faults provide a better correlation with observed aftershock patterns. It also assesses the influence of Coulomb stress transfer on rupture behavior and the spatial and temporal distribution of moderate to large seismic events and their aftershock sequences. This research aims to contribute to the seismic hazard assessment in a region with approximately 10 million inhabitants exposed within 100 km from the studied seismic sources.

SIS-9

UNRAVELING THE SPECTRUM OF SLIP BEHAVIOR: MODELING FAULT ZONE GEOMETRICAL COMPLEXITY

Villafuerte Carlos¹, Kheirdast Navid², Almakari Michelle² y Bhat Harsha S.²¹Instituto de Geofísica, UNAM²Ecole Normale Supérieure

villafuerte.cd@gmail.com

In recent decades, there has been a proliferation of observations related to spatiotemporally intricate slip events occurring in fault systems. These slip events span a range of time scales, from creep and slow slip events (SSEs) detectable only through geodetic methods, to very-low-frequency earthquakes (VLFs), low-frequency earthquakes (LFEs), tectonic tremors, and ultimately, earthquakes. At present, these events are generally interpreted by imposed frictional heterogeneities along the fault plane. However, fault systems are geometrically complex in nature over different scales. In this work we investigate the role of "realistic" fault geometry on the dynamics of slip events. We consider a fault system in a 2D quasi-dynamic setting. The fault system consists of a main self-similar rough fault, surrounded by a dense network of off-fault fractures. We show how mechanical interaction among rate-weakening faults and the damage zone reproduces seismic activity similar to natural observed earthquake catalogues. This similarity is presented in terms of the frequency of magnitudes, the increase in seismicity rate prior to the total breakdown of the main fault, and its decrease thereafter. Additionally, our analysis of slip rates reveals a broad spectrum of rupture modes, ranging from SSEs, VLFs, LFEs and tectonic tremors. By modeling synthetic seismic and geodetic signals, we clarify the spatiotemporal relationships among these events, shedding light on the broadband nature of slow earthquakes.

SIS-10

DETECCIÓN AUTOMÁTICA DE ONDA P Y S UTILIZANDO MACHINE LEARNING

Frias Gómez Itzel Gabriela y Escudero Ayala Christian René

Universidad de Guadalajara

itzel.frias@alumnos.udg.mx

En la sismología una de las actividades más importantes es la detección de fases sísmicas en los registros sísmicos continuos. Los tiempos de arribo de estas fases permiten estudiar la naturaleza de los terremotos y la estructura interna de la Tierra.

Esta actividad ha evolucionado a lo largo del tiempo. Inicialmente, la detección se realizaba mediante un análisis visual. Posteriormente, gracias a los avances tecnológicos, se desarrollaron algoritmos para la detección automática de los arribos de las ondas sísmicas. Recientemente se han impulsado nuevas técnicas para mejorar los algoritmos de detección automática como lo es el Machine Learning. Con este propósito se analizaron algoritmos de selección automática utilizando Machine Learning, que pueden proporcionar un mecanismo más rápido en el análisis de grandes conjuntos de datos, permitiendo una detección y análisis más eficiente de las fases sísmicas. Para lograr esto, se utilizaron las fases de un catálogo sísmico obtenido a partir de los registros sísmicos del experimento Mapping the Rivera Subduction Zone, MARS, para alimentar un algoritmo basado en Machine Learning. Empleando la paquetería SeisBench, para identificar nuevas fases sísmicas de onda P y S, además de detectar sismos que no estaban incluidos en el catálogo original. Se obtuvieron registros de fases de onda P y S, correspondientes a sismos que no se encontraban en el catálogo original. La mayoría de las fases detectadas por el algoritmo corresponden a fases de onda P. Utilizar Machine Learning en la detección de fases sísmicas puede transformar significativamente la precisión y eficiencia del análisis de grandes volúmenes de datos sísmicos.

SIS-11

DETECCIÓN Y ANÁLISIS DE EVENTOS EN CHIAPAS, MÉXICO CON MÉTODOS BASADOS EN STA/LTA Y SU COMPARACIÓN CON ALGORITMOS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

Seneca Falcon Omar¹, Castro Ariola Oscar Alberto², Iglesias Mendoza Arturo³, Solano Hernández Ericka Alinne⁴, Bernal Manzanilla Karina⁵, González Ávila Daniel⁶ y Esquivila López Mauricio¹

¹Instituto de Gestión de Riesgos y Cambio Climático

²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE

³Servicio Sismológico Nacional

⁴Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM

⁵Posgrado en Ciencias de la Tierra

omarsenecafalcon@gmail.com

El estado de Chiapas al sureste de México conforma un territorio de tectónica compleja y una alta actividad sísmica. La interacción entre las placas tectónicas de Cocos, Norteamérica y el Caribe, así como la deformación activa de la corteza terrestre dentro de Chiapas, determina una variedad de fuentes sismogénicas de distintas características. El Centro de Monitoreo Volcanológico y Sismológico (CMVS) adscrito al Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático (IIGERCC) ubicado en la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH) en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, implementó una expansión de la red con estaciones de bajo costo Rasperry Shake para que, en conjunto a la red del Servicio Sismológico Nacional, se lograra obtener una mayor capacidad de detección de la actividad sísmica en el estado. En este trabajo se presenta la localización de 264 eventos con magnitudes inferiores a 3.5 Mc, cabe mencionar que dichos eventos no se encuentran en el catálogo del Servicio Sismológico Nacional (SSN). Estos eventos fueron identificados a partir del análisis de los registros generados por la expansión antes mencionada. La detección se realizó mediante tres sistemas automáticos, uno basado en STA/LTA y desarrollado durante este proyecto y dos empleando los algoritmos basados en redes neuronales, PhaseNet y EQTransformer, respectivamente. PhaseNet es un algoritmo que usa una red neuronal convolucional empleada en un modelo de detección automática de terremotos. A su vez, EQTransformer es un método de detección automática de señales sísmicas y un selector de fases (P y S) basado en una red neuronal profunda. Por otro lado, STA/LTA es un algoritmo que detecta eventos al comparar los niveles de movimiento del suelo a corto plazo con los niveles de movimiento del suelo a largo plazo. El objetivo de este trabajo fue detectar y localizar eventos, a su vez, comparar los resultados de aquellos detectados automáticamente con el método basado en STA/LTA con los obtenidos a través de los métodos PhaseNet y EQTransformer.

SIS-12

CARACTERIZACIÓN DE DISCONTINUIDADES EN EL VOLCÁN POPOCATÉPETL A PARTIR DE FUNCIONES DE AUTOCORRELACIÓN

Esquivel-Mendiola Leonarda I.¹, Iglesias Arturo² y Schimmel Martin³

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Instituto Geociencias Barcelona (GEO3BCN-CSIC), Barcelona, España

leoesquivel@igeofisica.unam.mx

El volcán Popocatepetl es uno de los volcanes, junto con el Chichón, Tacaná y Colima, que representa mayor riesgo en México, ya que hay asentamientos ubicados a menos de 15 km y es muy próximo a ciudades como México y Puebla. Además, desde su reactivación en 1994, ha sido objeto de estudio para comprender su historia eruptiva, actividad volcánica y peligros asociados, y las actividades de monitoreo han resultado imprescindibles. El Popocatepetl ha sido estudiado desde la perspectiva geológica y geofísica, con esta última se ha caracterizado su estructura interna a partir de métodos potenciales y la sismología. De esta manera, el análisis de las señales sísmicas ha permitido obtener imágenes del interior del volcán utilizando como fuente la sismicidad local y regional, y el ruido sísmico ambiental. Sin embargo, las propiedades del ruido sísmico como campo difuso

también han permitido mapear discontinuidades en la estructura de velocidades del volcán. Las funciones de autocorrelación, o correlaciones cruzadas de offset cero, han demostrado ser útiles para identificar superficies reflectantes, mismas que son generadas por un incremento o disminución de la velocidad, a escala local y regional. En este trabajo, se emplean datos de ruido sísmico ambiental de arreglos de estaciones temporales y permanente que operaron en diferentes épocas para calcular funciones de autocorrelación y cartografiar discontinuidades en la estructura de velocidades del volcán Popocatepetl. El análisis de las funciones de autocorrelación a lo largo de tres perfiles que cruzan el cono del volcán, en direcciones Norte-Sur, Noroeste-Sureste y Suroeste-Noreste, muestran que entre 0 y 2 km s.n.m. la velocidad incrementa significativamente. Esto se interpreta como una región de material más consolidado que tiene una correlación directa con la topografía por lo que puede ser la expresión, en la estructura de velocidades, de las paleo estructuras de los edificios volcánicos precedentes. Además, a profundidades intermedias, entre 0 y 4 km b.n.m., se logró identificar una zona de baja velocidad que se sugiere está relacionado con una capa del basamento sedimentario del volcán. Finalmente, a profundidades entre 4 y 7 km b.n.m. la estructura muestra un incremento de velocidades que se correlaciona con el límite superior de los que se supone como un reservorio más profundo. Los resultados fueron comparados con las observaciones de una tomografía de ruidos ambiental previamente calculada y se verificó la correlación de las discontinuidades con anomalías de velocidad.

SIS-13

NODAL AMBIENT NOISE TOMOGRAPHY OF THE SALINA VOLCANIC ISLAND, SOUTHERN ITALY, UNVEILS ITS UNEXPLORED SHALLOW STRUCTURE

Granados Chavarría Iván¹, Di Luccio Francesca¹, Calò Marco², Castellano Corrado³, Cucci Luigi³, Famiani Daniela⁴, Gattuso Alessandro³, Lupi Matteo⁴, Magnoni Federica³, Marchetti Alessandro³, Palano Mimmo³, Ricci Tullio³, Scallrito Antonio³, Scognamiglio Laura³, Tramelli Anna³, Ursino Andrea³ y Ventura Guido³

¹INGV, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

²UNAM

³INGV

⁴University of Geneva

ivan.granadoschavarría@ingv.it

In the southern Tyrrhenian Sea, southern Italy, the multidisciplinary project CAVEAT deployed a dense seismic network composed by 120 wireless nodes, on three southernmost islands of the Aeolian volcanic archipelago to detect and locate the shallow weak seismicity related to both volcanic and tectonic activity, to constrain the crustal structure through regional and local tomographies, and to characterize the source mechanisms in this region. Here we present the first ambient noise tomography for the Salina island, by using 2 months of continuous records from 40 three-component nodal stations, from late October to late December of 2023, to obtain a 3D shear wave velocity model. This study provides a detailed seismic image of the subsurface that will allow us to better understand the evolution of the volcanic activity from the two stratovolcanoes, Monte Fossa delle Felci and Monte dei Porri, to the three older volcanic structures (Monte Rivi, Pizzo Capo and Pizzo di Corvo), and the erosion and collapse processes. This study is supported by the collaboration INGV – University of Geneva – UNAM, as part of the INGV Pianeta Dinamico project 2023-2025 CAVEAT “Central-southern Aeolian islands: Volcanism and tEAring in the Tyrrhenian subduction system” (grant no. CUP D53J19000170001) supported by the Italian Ministry of University and Research “Fondo finalizzato al rilancio degli investimenti delle amministrazioni centrali dello Stato e allo sviluppo del Paese”, legge 145/2018.

SIS-14

TOMOGRAFÍA DE VELOCIDAD DE LAS ONDAS P Y S EN EL COMPLEJO VOLCÁNICO DE COLIMA

Escudero Ayala Christian René

Universidad de Guadalajara

christian.escudero@academicos.udg.mx

El Complejo Volcánico de Colima, CVC, ubicado en el occidente de México, es un área tectónica compleja dominada por procesos de subducción y la deformación y fragmentación de la placa continental. El CVC se caracteriza por tres estructuras volcánicas formadas durante períodos sucesivos de procesos dinámicos y magmáticos diferentes. El propósito de este trabajo fue estimar modelos de alta resolución de la velocidad de las ondas P y S, VP y VS, para obtener nuevos conocimientos sobre el mecanismo que controla la estructura interna del CVC. Se utilizaron tiempos de viaje de las ondas P y S de 383 terremotos registrados durante los experimentos Mapping the Rivera Subduction Zone y Colima Volcano Deep Seismic Experiment. Se implementó el método de marcha rápida para la predicción de los tiempos de viaje y una técnica de inversión basada en gradiente subespacial. La robustez de los resultados se evaluó a través de pruebas de resolución de tablero de ajedrez y de restitución. Los modelos resultantes mostraron en el suroeste del CVC, aproximadamente a 7 km de profundidad una anomalía de baja VP con forma elíptica y tendencia noreste-suroeste, una anomalía de baja VS con forma irregular de lóbulos interconectados y una anomalía de alta VP/VS con un patrón similar al modelo de velocidad de la onda S pero confinada en el Graben Central de Colima. A partir de los tomogramas, se infiere: (i) la presencia de un sistema complejo y poco profundo de reservorios magmáticos; (ii) la migración hacia el sur de la actividad

volcánica como un proceso en curso; y (iii) la existencia de reservorios de magma de distinta composición.

SIS-15

ZONAS VULNERABLES A LICUEFACCIÓN EN EL ESTADO DE TABASCO, MÉXICO

Utrera Hernández Sophia Alejandra, Gómez Arredondo
Carmen Maricela y Gama Campillo Lilia María
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
sophiaalejandra2001@outlook.es

La alta sismicidad en el Sureste de México relacionada principalmente a la interacción entre las placas de Cocos, de Norteamérica y del Caribe ha afectado al estado de Tabasco. Evidencia de ello es el terremoto del 8 de septiembre del 2017 que causó daños en la entidad. Tabasco se encuentra en dos zonas de bajo y mediano peligro sísmico caracterizadas por la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Sin embargo, a pesar de su distancia de 350 km del límite de subducción, se pone en atención los daños que se han generado por algunos eventos sísmicos en la región. Con la ocurrencia de la sismicidad, en algunas regiones se ha detectado licuefacción de suelos. En el estado no se ha reportado ningún caso del fenómeno de licuefacción, sin embargo, se tienen evidencias de lugares donde se presentó este fenómeno. El objetivo de este trabajo es mostrar que el estado de Tabasco es una zona susceptible a licuefacción por sismos. Para ello se llevó a cabo una revisión de eventos sísmicos de la trinchera sentidos en Tabasco, revisión de perfiles estratigráficos y resultados de sondeos de penetración estándar realizados en diferentes puntos de Tabasco y en límites de estados aledaños. A partir de esto, tomando en cuenta que el material predominante en la región es de edad cuaternaria y que se tienen presentes arcillas, limos, arenas y areniscas, que es una entidad con una gran cantidad de cuerpos de agua y un somero nivel freático, se ha logrado determinar de manera preliminar las zonas potenciales en Tabasco a sufrir licuefacción.

SIS-16

MONITOREO SÍSMICO DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS DE LA UABC, MEXICALI, BAJA CALIFORNIA

Rodríguez Manzo Joaquín Raúl¹, Núñez Leal María Alejandra², Vidal Villegas J. Antonio², Ramírez Ramos Erik Esteban¹ y Yegres Herrera Luis Alejandro²

¹Instituto de Ingeniería, UABC

²CICESE

rodriguez.joaquin@uabc.edu.mx

En un edificio de la Facultad de Ciencias Administrativas, Campus Mexicali de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), constituido por cuatro pisos, instalamos en diciembre de 2023 una red de acelerógrafos. Un objetivo de esta red es monitorear el comportamiento del edificio ante eventos sísmicos e identificar frecuencias de vibración de la estructura. El interés en este edificio radica en que sufrió un hundimiento de ~30 cm debido a la licuación de terreno inducida por el sismo El Mayor-Cuapah, Mw 7.2, de abril 4, 2010. La red consta de siete acelerómetros tri-axiales: 6 de fuerza balanceada, FBA-23, instalados en el sótano, planta baja y pisos 1, 2, 3 y 4. Adicionalmente, instalamos un acelerómetro de pozo FBA-13DH fuera del edificio a 28 m de profundidad. Los registros de los 7 acelerómetros triaxiales (21 canales) son digitalizados con un sistema de registro continuo de 24 bits de resolución. El procesamiento de los registros de sismos consiste en corregirlos por efecto de instrumento y realizar una doble integración para así obtener la aceleración, velocidad y el desplazamiento tanto del terreno como del edificio. Usando el software LabView calculamos los espectros de Fourier en las tres componentes de aceleración y desplazamiento para obtener las frecuencias características de amplificación, entre la planta baja y el cuarto piso. Al presente, contamos con una base de datos formada por registros continuos de ruido ambiental y por acelerogramas correspondientes a un sismo, ML 4.8, ocurrido en el Valle de Mexicali en junio 5, 2024, registrado a 39 km de distancia. La aceleración máxima generada por este sismo fue de 26.6 cm/s² en el cuarto piso. Esperamos que la red siga funcionando apropiadamente por un periodo de 5 años y genere información que permita un mayor análisis como, por ejemplo, el estudio de la interacción suelo-estructura.

SIS-17

CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS ANISÓTROPAS EN EL VALLE DE MÉXICO

Chacón Francisco¹, Quintanar-Robles Luis¹ y Rodríguez-Rasilla Iván²

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Servicio Sismológico Nacional

fcochaconsaleml@gmail.com

Dado que el Valle de México (VM), en donde se ubica la Ciudad de México (CDMX), representa una zona geológica y estructuralmente compleja que ha sido afectada por numerosos sismos locales y regionales, se lleva a cabo un estudio de anisotropía sísmica en la zona a partir del análisis de 814 microsismos locales registrados en un periodo que va de 1996 a 2013. En este estudio se intentó caracterizar los comportamientos tectónicos y estructurales, así como observar

efectos de deformación. El 43.7% de las principales direcciones de polarización rápida (MPD) correlacionan con los sistemas de fallas locales. Dentro de CDMX, el 55% sigue tendencias regionales, mientras que mediciones fuera de CDMX solo el 42.8%. El valor general de MPD fue de N 56.9° E para todo el VM, siguiendo aproximadamente la dirección principal de esfuerzo regional de NE-SW. Las características tectónicas y estructurales observadas dentro de la CDMX son diferentes a las del exterior, confirmando mediante pruebas estadísticas, donde se pueden considerar al menos diez diferentes regiones estructurales anisotrópicas en la VM; aunque algunos de ellos siguen el principal campo de esfuerzos regional, mientras que otros parecen estar influenciados por estructuras geológicas locales. Además, algunas de estas regiones presentan diferencias anisotrópicas en profundidad, entre los 10 y 15 km. Al interior de la CDMX, también se observan diferencias estructurales, las polarizaciones rápidas siguen NNE-SSW y NE-SW en la zona centro-noroeste, pero NNW-SSE y NE-SE en la zona noreste. Estas zonas también son diferentes hacia el sur. Estratos anisótropos similares parecen cubrir en general el VM con altas densidades de fractura que van desde los 8.0 y los 15.35%, las cuales se observan especialmente en el occidente, oriente y centro-norte de la CDMX, evidenciando debilidad estructural que pueden ser consideradas como zonas importantes de deformación estructural. Estas altas concentraciones de anisotropía parecen comenzar desde al menos 16 kilómetros de profundidad y llegan a partes muy someras dentro y fuera de la CDMX. En algunas áreas del VM se recupera una anisotropía inducida por estrés el cual parece variar temporalmente; mostrando ciertos efectos persistentes de estrés-deformación sin identificar claramente un mecanismo o fenómeno como el principal origen del estrés (p.ej., la actividad del volcán Popocatepetl). Sin embargo, estos resultados permiten considerar que los efectos de esfuerzo-deformación podrían estar transmitiéndose y difundiéndose para diferentes volúmenes de roca y a mayores distancias.

SIS-18 PLÁTICA INVITADA

GROUND MOTION IN MEXICO CITY DURING THE INTRASLAB EARTHQUAKE OF 19 SEPTEMBER 2017 (MW7.1) REVISITED

Singh Shri Krishna¹, Arroyo Danny², Iglesias Arturo¹, Ordaz Mario¹, Pérez-Campos Xyoli¹ y Espíndola Víctor Hugo¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Universidad Autónoma Metropolitana

krishnamx@yahoo.com

The intraslab earthquake of 2017 (Mw7.1) was one of the most destructive earthquakes in the history of Mexico City, second only to the Michoacán interplate earthquake of 1985 (Mw8.0). Several measures of the ground motion reveal that the 2017 event was unusually energetic at CU (the reference hill-zone site) in the critical frequency range 0.4 - 1 Hz. Fourier Acceleration Spectrum at CU was anomalously high in this frequency range. With respect to site specific GMPE for intraslab Mexican earthquakes at CU, the observed PGA was normal but PGV was much greater. Observed Sa, 5% damping, at CU was anomalously high as compared to the predicted Sa at structural periods of $1 \leq T \leq 1.8$ s ($0.55 \leq f \leq 1$ Hz). The cause of the large ground motion at CU, remains obscure: Were the short distance and large magnitude of the earthquake the main causes of destruction in the city? Was the source unusually energetic in the critical frequency range for Mexico City? Did the rupture involve a directivity towards Mexico City, thus enhancing the ground motion? Was the damage a consequence of an exceptionally unfavorable location of the source with respect to the 3-D structure of the Valley of Mexico? These issues merit a careful analysis of all available data. On 7 December 2023 an intraslab Mw5.8 earthquake occurred in the proximity of the 2017 event. We analyze the recordings of the 2017 earthquake separately, and of the 2017 and 2023 events together to isolate the cause of the anomalous high-frequency radiation. We take recourse of the 2023 recordings as empirical Green's functions (EGFs). Synthesized Sa for a Mw7.1 earthquake, using 2023 (Mw5.8) recordings as EGFs and assuming the same stress drop, $\sigma_a = 3$ MPa, for both events, are significantly lower than those observed, irrespective of the azimuth, which supports anomalous nature of the 2017 source. It follows that had the source of the 2017 earthquake had been a scaled-up version of the 2023 event then, quite likely, Mexico City would have been spared the damage and deaths that it suffered. The possibility that the enhanced ground motions in the city in 2017 were due a particular direction of the wavefield incident on the 3-D structure of the Valley of Mexico may be ruled out since the recordings of the 2023 event, which was collocated with the 2017 earthquake, show nothing anomalous. We conclude that the damage to Mexico City during the 2017 earthquake was due to an anomalously energetic ground motion in the Valley of Mexico in the frequency band of 0.4 to 1 Hz. The role of rupture directivity in enhancing the ground motion appears small; the source was unusually energetic at all azimuths. The simulated response spectra using recordings of the 2023 event as EGFs show that a postulated intraslab Mw 7.1 earthquake, at a distance of ~ 130 km from CU, should cause little or no damage in the city.

SIS-19

ESTRUCTURA DE LA CORTEZA Y DEL MANTO SUPERIOR CERCA DE LA FALLA DE GLORIA EN EL ATLÁNTICO NORTE A PARTIR DE OBSERVACIONES DE ONDAS SUPERFICIALES EN SISMÓMETROS DE FONDO MARINO

Pinzón López Juan Ignacio¹, Custodio Susana², Silveira Graça², Krüger Frank³, Mata João² y Matias Luis²

¹Universidad de Guadalajara

²Universidad de Lisboa

³Universidad de Potsdam

juan.pinzon@academicos.udg.mx

El Deep Ocean Test Array (DOCTAR) es un arreglo de sismómetros de fondo marino temporales de banda ancha situados a 70 km de la sección central norte de la falla de Gloria en el océano Atlántico. Estudios anteriores, que también utilizaron los datos de DOCTAR, dedujeron modelos de velocidad 1-D en cada estación, que revelaron un aumento del espesor oceánico y una disminución de la velocidad de las ondas de corte en dirección hacia la falla de Gloria, así como evidencias del límite litosfera-astenosfera. En este trabajo, presento modelos 1-D y 3-D de velocidad de ondas de corte (Vs) de la corteza oceánica y del manto superior por debajo de DOCTAR. Los modelos de velocidad se infieren a partir de las curvas de dispersión de las ondas superficiales registradas en los sismómetros. Las medidas de dispersión se obtuvieron a partir del análisis del ruido sísmico ambiental en periodos cortos (< 14 s) y de las ondas superficiales telesísmicas en los largos periodos (> 14 s) utilizando el método de las dos estaciones. El modelo Vs 1-D se obtuvo a partir de la inversión conjunta de las velocidades de fase de las ondas Rayleigh y las velocidades de grupo y fase de las ondas Love. El modelo tomográfico tridimensional se obtiene mediante la inversión de mapas bidimensionales de velocidades de grupo de las ondas Love en función de la profundidad, restringido además por el promedio de las velocidades de fase de ondas Love obtenidas a partir del ruido ambiental (4-9 s) y el promedio de las velocidades de fase de ondas Rayleigh y Love calculadas a partir de datos telesísmicos (14-44 s). El modelo 1-D Vs muestra una capa de sedimentos con una velocidad baja de 1,05 km/s, similar a la de estudios anteriores en la región. Por debajo de los sedimentos, encontramos una corteza oceánica con velocidades que oscilan entre 3,3 y 4,5 km/s. El modelo alcanza una velocidad inusualmente alta de 4,9 km/s en una capa de 20 km de espesor a profundidades entre 16 y 36 km. Interpretamos esta capa de rápida velocidad como el indicativo de la presencia de Harzburgita, un residuo de fusión mejorada que podría haberse formado por la proximidad entre la Dorsal Mesoatlántica y la pluma del manto de las Azores. A mayores profundidades la velocidad disminuye, formando una zona de baja velocidad que alcanza un mínimo a ~70 km de profundidad y que interpretamos como la máxima profundidad para el límite litosfera-astenosfera y está de acuerdo con los resultados mostrados en previos estudios. El modelo tridimensional muestra una estructura mayoritariamente en capas horizontales, con isocontornos Vs a 3,5-4,5 km/s que destacan oscilaciones de la estructura de la corteza con longitudes de onda de ~25-30 km. Estas oscilaciones pueden deberse a cambios en la tasa de afloramiento del manto y la tasa de suministro de magma.

SIS-20

OBSERVACIÓN DE SEÑALES INFRASÓNICAS EN BAHÍA DE BANDERAS, EN EL OCCIDENTE DE MÉXICO

López Ortiz Jesualdo Yair¹, Escudero Ayala Christian René¹, León Soto Gerardo² y Zamora Camacho Araceli¹

¹Universidad de Guadalajara

²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

jesualdo.lopez@alumnos.udg.mx

Estudiamos el entorno de infrasonidos en Bahía de Banderas, la bahía abierta más grande de México y una de las más grandes del mundo. Estábamos interesados en responder tres preguntas: ¿Qué tan saturado está el ambiente con señales infrasónicas? ¿Cuáles son las fuentes típicas de infrasonidos y sus características? ¿Las señales de infrasonidos proporcionan nueva información para caracterizar fenómenos de interés, como los terremotos? Los datos se adquirieron mediante el despliegue de tres sensores infrasónicos. Detectamos señales infrasónicas de fenómenos conocidos como, terremotos, lluvias y truenos, e implementamos algoritmos de detección automática. Finalmente, las señales se caracterizaron a través de variaciones temporales en la amplitud y el contenido de frecuencia. Identificamos y caracterizamos las señales infrasónicas que se originan en la atmósfera, la Tierra sólida y los entornos urbanos. Los resultados muestran un entorno infrasonido altamente saturado con variaciones diurnas y estacionales, lo que indica señales de fuentes antropogénicas y naturales. Nuestros resultados indicaron que las fuentes individuales podrían diferenciarse bien. Identificamos señales de infrasonidos producidas por terremotos, tormentas y truenos. Finalmente, concluimos que se puede adquirir nueva información para caracterizar terremotos mediante el estudio de señales de infrasonidos.

SIS-21

OAXACA, MÉXICO: SISMICIDAD (M>7.0) PARA EL PERIODO 1928 – 1982

Núñez Cornú Francisco Javier¹ y Núñez Diana²

¹Universidad de Guadalajara

²Fsc. CC. Físicas, Universidad Complutense de Madrid, España

fcornu@cuc.udg.mx

Oaxaca es la región con mayor actividad sísmica de México y una de las más estudiadas mediante diferentes metodologías. Esta actividad sísmica se debe a la subducción de la Placa de Cocos debajo de la Placa de América del Norte, la cual se considera una zona de subducción anómala al tratarse de un margen continental truncado. Se han identificado setenta y cuatro terremotos (M>7,0) en los últimos 510 años, lo que supone una media de un terremoto cada 6,8 años. Entre 1928 y 1982 se produjeron veinte terremotos con M>7,0. La secuencia sísmica ocurrida entre 1928 y 1937 es la clave para comprender la sismotectónica regional. Las ubicaciones de estos nueve eventos (M>7,0) reportadas por diferentes autores difieren en más de 100 km para el mismo terremoto. Reubicamos las réplicas utilizando los sismogramas de las estaciones TAC (Tacubaya) y VCM (Veracruz) disponibles en el archivo de la Red Sísmica Sismológica (México) leyendo prefases S-P. Para calibrar estas lecturas, reubicamos la sismicidad en la región entre 1950 y 1982 con el Método JHD utilizando los terremotos de 1978, 1982, 1965 y 1968 como Eventos Maestros. Se buscan en este catálogo los sismos registrados en TAC y VCM en el periodo 1950 - 1982 y cuyos sismogramas se encontraban en el archivo. Las prefases S-P en TAC y VCM se leyeron con el mismo criterio utilizado anteriormente. Con estos datos ajustamos una curva tiempo-distancia para cada estación. Estas curvas se utilizaron para obtener un área de réplica más confiable para cada uno de los terremotos costeros ocurridos durante la secuencia de 1928 a 1937. Para reubicar los terremotos profundos continentales utilizamos el terremoto de 1980 como Evento Maestro. Utilizando los datos de polaridades disponibles se reevaluaron los mecanismos focales para los Terremotos relocalizados.

SIS-22

EFFECTOS POST-SÍSMICOS EN LOS MODELOS DE VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN LA REGIÓN DE RUPTURA DE SISMOS FUERTES

Calò Marco¹, Solano Hernández Ericka Aline², Sánchez Alonso Fernando³ y Maldonado Rafael Félix⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²ENES Morelia, UNAM

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

⁴Servicio Sismológico Nacional

calo@geofisica.unam.mx

Durante la ocurrencia de un sismo fuerte, los estudios relacionados con las deformaciones co-sísmicas y post-sísmicas ayudan a comprender la dinámica de la ruptura y los mecanismos que los generan. En la costa de Oaxaca, el 23 de junio de 2020 un evento interplaca de magnitud Mw=7.4 ocurrió a 21 km de profundidad cerca del pueblo La Crucecita, Huatulco. Aproximadamente un año después, se desplegó una red de 11 estaciones temporales en esa región costera para estudiar y caracterizar la sismicidad y la estructura cortical de la región. Con los datos recopilados durante casi un año, se elaboró una tomografía de ruido ambiental, calculando la correlación cruzada de los registros continuos y estimando velocidades de fase y de grupo de las ondas de Rayleigh. Los modelos generados muestran que en la región afectada por el sismo, existen fuertes anomalías de velocidad de ondas de corte, lo que sugiere que los sismos fuertes pueden alterar las imágenes tomográficas más de lo esperado y por mucho tiempo, lo que podría llevar a interpretaciones equivocadas de los cuerpos anómalos observados en estas regiones. Proyecto apoyado por el Programa de Apoyos para la Superación del Personal Académico de la UNAM (PASPA) y el proyecto interno UMAR 21I2003.

SIS-23

APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE COCIENTES ESPECTRALES PARA EL ANÁLISIS DE EFECTOS DE SITIO Y CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS EN LA CIUDAD DE HUAJUAPAN DE LEÓN, OAXACA, MÉXICO

Talavera Cervantes Gildardo

Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

2330351h@umich.mx

Gildardo Talavera Cervantes¹, Angel Figueroa-Soto², Avith Mendoza Ponce³, Francisco Castellanos⁴ 1. Maestría en Geociencias y Planificación del Territorio. Instituto de investigaciones en Ciencias de la Tierra – UMSNH. 2330351h@umich.mx 2. CONAHCYT – Instituto de investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH. angfsoto@gmail.com 3. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas – UNICACH. avith.mendoza@unicach.mx 4. Instituto Politécnico Nacional – CIIDIR Unidad Oaxaca. fcastellanos@ipn.mx Resumen Oaxaca es una de las zonas con mayor registro de sismos en México, debido a los sismos que ocurren en la costa, así como los que se originan al interior del estado. Particularmente, en las últimas décadas, en la ciudad de Huajuapán de León se han percibido

fuertes movimientos del suelo debido a sismos de subducción (sismos 23/08/1965, 20/03/2012, 07/09/2021 con magnitudes Mw 7.5, Ms 7.5 y Mw 7.1 respectivamente) y a sismos intraplaca de profundidad intermedia originados en la placa de Cocos (sismos 15/06/1999, 24/10/1980, 19/09/2017 con magnitudes Mw de 7.0, 7.1 y 7.1 respectivamente). Debido a la alta frecuencia de ocurrencia de diferentes tipos de sismos y al gran número de viviendas en la ciudad construidas cerca o sobre zonas de amplificación sísmica, la Ciudad de Huajuapán ha presentado daños materiales y pérdidas humanas a lo largo de la historia. Por tales motivos, se necesita contar con estudios sobre la caracterización local de los efectos de sitio. Estos estudios, también conocidos como Microzonificación Sísmica, permiten estimar los periodos fundamentales del suelo, así como una aproximación a las amplificaciones que pueden esperarse en el suelo durante un sismo. En esta investigación, utilizamos un sismógrafo de banda ancha para realizar campañas de monitoreo de ruido sísmico cubriendo un total de 30 puntos en zonas estratégicas para cubrir la mayoría de la ciudad. Para los puntos de medición se calcularon los cocientes espectrales y se obtuvo un mapa de los periodos dominantes y de amplificaciones del terreno. Además, se construyeron mapas de los tipos de estructuras o viviendas mediante imágenes panorámicas y visitas a campo en el área urbana de Huajuapán de León, que ayudarán en la construcción de escenarios sísmicos posibles con base en los efectos de sitio y los datos de las edificaciones. Los resultados presentados en este trabajo pueden ayudar en la planificación urbana y en la mitigación de riesgos sísmicos en la Ciudad de Huajuapán de León. Palabras claves: Huajuapán de León, Oax., Microzonificación sísmica, Sismógrafo de banda ancha y Cocientes espectrales.

SIS-24

ENERGÍA SÍSMICA RADIADA POR TERREMOTOS EN LA REGIÓN NORTE-CENTRO DEL GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO

Cruz Hernández Favio y Castro Escamilla Raúl Ramón

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

fcruz@cicese.edu.mx

Estimamos la energía sísmica radiada de ondas P y S en la región centro-norte (27.5N-31.5N) del Golfo de California (GoC), México a partir de 83 sismos registrados en estaciones de la Red Sismológica de Banda Ancha (RESBAN) del Golfo de California, México y el Servicio Sismológico Nacional (SSN) de México para el periodo 2015-2021. Los terremotos ocurrieron en los límites de fallas transformes y normales a profundidades de entre 10 y 20 km con magnitudes moderadas ($3.4 < Mw < 5.7$). Calculamos los espectros de aceleración de Fourier a partir de las sismogramas de ondas P y S. Corregimos los registros espectrales por efecto de trayectoria fuente-receptor y separamos el efecto de sitio de la fuente utilizando una técnica de inversión espectral. Las funciones de la fuente se corrigieron por efectos de atenuación cerca de la fuente. Luego, calculamos la energía radiada integrando el cuadrado del espectro de velocidad de la fuente (ondas P y S) para cada terremoto. Observamos que en promedio la energía liberada por las ondas S (Es) es 17 veces mayor la onda P (Ep). La energía total promedio (Es+Ep) de los eventos analizados es menor en dos órdenes de magnitud de terremotos que ocurren en el centro de nuestro país (zona de subducción Mexicana). La energía liberada en términos de esfuerzo aparente aumenta desde la región norte hasta el centro del GoC. Para explicar la variación espacial del esfuerzo aparente, comparamos nuestros resultados con varios estudios previos. Concluimos que en la región norte los terremotos radian menor energía que en la región central del GoC, debido a cambios en las características friccionales de las fallas, propiedades físicas de la corteza, al régimen de esfuerzo, el flujo de calor y la probable presencia de fluidos.

SIS-25

CLUSTERS Y EL SISMO DE EL MAYOR-CUCAPAH, MW 7.1

Ávila Barrientos Lenin y Nava Pichardo F. Alejandro

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

lenavila@cicese.mx

Los clusters sísmicos (cúmulos espacio-temporales de sismos) han sido asociados con altos niveles de esfuerzos y pueden ser un importante precursor de grandes sismos. Debido a que no hay una definición unánime de clusters, en este trabajo se propone una simple definición de éstos y un método directo para su identificación que se adapta a su naturaleza propia. Definición y método fueron aplicados a la identificación de clusters (octubre de 1979 a marzo de 2010) ocurridos antes del sismo de El Mayor-Cucapah (EMC), Mw 7.1, el 4 de abril de 2010. Veintiún clusters fueron identificados, la mayoría de ellos localizados sobre y hacia el noreste del epicentro del EMC. La ocurrencia de los clusters fue más frecuente conforme se acercaba la fecha de ocurrencia del EMC. La posición de los clusters definió la región epicentral del EMC, por lo que se propone el estudio de clusters como actividad premonitora que pudiera definir zonas posibles para la ocurrencia de sismos grandes.

SIS-26

SECUENCIA SÍSMICA SIN PRECEDENTES EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

Castro Artola Oscar¹, Rösler Boris¹, Ramírez Ramos Erik² y Yegres Herrera Luis Alejandro¹¹División de Ciencias de la Tierra, CICESE²Instituto de Ingeniería, UAB

oscar.castro@cicese.mx

En enero de 2024 inició una serie de eventos sísmicos en la Cuenca Carmen, localizada en el Golfo de California, a aproximadamente 70 km al NE de la ciudad de Loreto, Baja California Sur. Esta secuencia es la mejor registrada debido a la cobertura de estaciones sísmicas en las costas del Golfo de California. La actividad sísmica está constreñida dentro de las fallas transformantes Carmen y Farallón, dentro de los límites de cuenca pull-apart Carmen. La detección y las localizaciones iniciales se vieron afectadas por la limitada cobertura acimutal de estaciones sísmicas en la región y la ausencia de sismómetros de piso marino. Usando algoritmos de inteligencia artificial para la detección y el picado de fases, se han registrado y localizado más de dos mil eventos, principalmente ubicados en la cuenca Carmen, que se asocian con el movimiento tectónico de la zona de expansión en el Golfo de California. Al presente, la secuencia incluye un sismo M 5.6 ocurrido el 18 de abril de 2024 y 16 sismos con magnitudes entre 4.4 y 5.3. Los mecanismos focales que se obtuvieron de la inversión del tensor de momento para los eventos más grandes muestran mecanismos normales y transformantes que concuerdan con la tectónica activa de la zona. Un aspecto notable es la detección de sismos repetidores, reconocidos por su semejanza en las formas de onda, lo que implica la posibilidad de que estén ocurriendo diferentes fenómenos geológicos, como movimientos magmáticos y deformación cortical somera, vinculados al límite transformante de la región. Además, mediante procesos de relocalización, hemos logrado una mejor definición de algunas estructuras geológicas como la geometría de las principales fallas y la cuenca. Por otro lado, implementado correlaciones cruzadas de ruido sísmico (CCRS) entre dos estaciones, cuya trayectoria atraviesa la cuenca Carmen, se obtuvo un modelo de velocidades más preciso para la cuenca. Con esto se optimizaron tanto las localizaciones iniciales como las relocalizaciones realizadas. Además, usando las CCRS, se observaron cambios relativos de la velocidad de propagación en el medio que coinciden con los periodos de mayor actividad sísmica, lo que podría estar relacionado con movimientos de fluidos subterráneos en la zona.

SIS-27

UNA NOTABLE QUIETUD SÍSMICA EN CURSO ACTUALMENTE EN EL BORDE NORTE DE LA PLACA DE RIVERA

Zúñiga Ramón¹, Castro Raúl R.², Espíndola-Castro Víctor Hugo³ y León-Loya Rodrigo⁴¹Instituto de Geociencias, UNAM²CICESE³Instituto de Geofísica, UNAM⁴Posgrado en Ciencias de la Tierra

ramon@geociencias.unam.mx

El borde norte de la Placa de Rivera, ubicada en el Océano Pacífico, frente a la costa oeste de México, al sur de la punta de la península de Baja California, es una región geológicamente dinámica y compleja cuya importancia radica en su interacción con la Placa Norteamericana. Estos límites están marcados por la Falla Transformante de Tamayo, que delimita el límite norte de la Placa de Rivera y un segmento del Dorsal del Pacífico Oriental que ha sido denominado el Dorsal Pacífico-Rivera. La Placa de Rivera en sí es relativamente pequeña, pero su borde norte desempeña un papel significativo en la geodinámica regional. Durante las últimas décadas, la sismicidad reportada en la región ha mostrado un patrón distintivo, incluyendo algunos periodos notables de disminución de la sismicidad que no habían atraído atención. Sin embargo, durante un análisis rutinario de la actividad sísmica actual en México, fue aparente un patrón significativo de quietud. Un análisis más detallado ha revelado que la anomalía sísmica no está relacionada con problemas operacionales comunes, como el cese temporal del funcionamiento de algunas estaciones u otras causas que se abordan en esta plática. En este trabajo, reportamos el estado del periodo de quietud en curso y realizamos comparaciones estadísticas que respaldan la validez de la observación. Además, discutimos y comparamos la ocurrencia de instancias previas de patrones similares y su posible relación con procesos tectónicos y la ocurrencia de eventos de magnitud significativa.

SIS-28

ESTIMACIÓN DEL EFECTO DE SITIO EN ESTACIONES DE LA RED TEMPORAL DE MICHOACÁN INSTALADA DESPUÉS DEL SISMO DE COALCOMÁN M7.7 DEL 19 DE SEPTIEMBRE DE 2022

Aguirre Jorge

Instituto de Ingeniería, UNAM

joagg@pumas.iingen.unam.mx

Para este proyecto se estudiaron 20 sitios donde se instalaron estaciones sísmológicas, 19 en el estado de Michoacán y 1 en el estado de Colima, conformando

una red temporal que operó del 28/sep/2022 al 9/may/2024 al último en forma fraccionada. En 18 sitios se instalaron equipos Guralp CMG6TD, en 2 de ellos se instalaron solo acelerógrafos K2 de Kinemetrics y un equipo Etna 2 fue instalado junto con uno de los Guralp. En este trabajo se buscó caracterizar el efecto de sitio en cada sitio usando alrededor de 30 eventos registrados con clara definición de la onda S, una señal de buena resolución y que su amplitud fuera claramente mayor al ruido sísmico de fondo. Aplicamos el método de inversión heurístico basado en algoritmos genéticos y cristalización simulada propuesto por Nagashima et al. (2014) que tiene su base en la teoría de campos difusos con el propósito de identificar las estructuras del subsuelo en cada sitio. Usamos ventanas de 20.48 s a partir del inicio de la onda S, con las que se obtuvieron los cocientes espectrales H/V de cada evento. Los cocientes de todos los eventos considerados en cada estación fueron promediados y luego usados para la inversión. Por cada estación se realizaron 35 inversiones independientes. Las grandes similitudes en los resultados de estas 35 inversiones independientes, nos brinda confianza en los resultados obtenidos. Finalmente, las estructuras de velocidad invertidas fueron usadas para remover el efecto de sitio para algunos eventos seleccionados.

SIS-29

SEISMIC STRESS TRANSFER ALONG THE MORELIA-ACAMBAY FAULT SYSTEM, MICHOCÁN, MEXICO: NEW APPROACHES AND PRELIMINARY RESULTS

Santoyo García Galiano Miguel Ángel¹ y Sawires Rashad²

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Department of Geology, Faculty of Science, Assiut University, 71516 Assiut, Egypt
santoyo@igeofisica.unam.mx

The E-W trending Morelia-Acambay Fault System is situated within the Trans-Mexican Volcanic Belt (TMVB) in central Mexico, which is an active volcanic arc associated with the subduction of both the Cocos and Rivera plates beneath the North America plate along the Middle America trench. The tectonic setting of the central TMVB is characterized by different intra-arc rift basins of E-W trending grabens, including the Morelia-Acambay fault-system. This system extends for about 230 km in length, and up to 50 km in width. Seismic hazard in central Mexico highly depends on adequate estimates of seismicity parameters for potential seismic sources from shallow crustal earthquakes for this region (Sawires et al, 2023). Static and dynamic seismic stress transfer among active faults depends on several factors like the moment magnitude of the source fault, the 3D surface geometry and focal mechanism, the finite fault-slip distribution, relative and absolute locations and depth, as well as the geometry and 3D spatial setting of the receiving faults, the local geology characteristics, among others. In different studies, authors have analyzed the stress transfer for this region using the static stress transfer for homogeneous distributions of slips of source faults as well as the half-space subsurface models. In this work, based on results from different approaches for the slip rates and moment magnitudes (Mw) of the active fault dislocations, the static and dynamic stress transfer, as well as estimates of the dynamic deformations, are evaluated for several portions of the Morelia-Acambay Fault System, especially along the main active faults at the central portion of this fault system of the TMVB, assuming more realistic subsurface geologic setting, 3D surface slips distributions and including the dynamic stress transfer among active faults. Preliminary results are then shown for these faults. Reference: Sawires, R., Peláez, J.A., Santoyo, M.A. (2023). Probabilistic seismic hazard assessment for Western Mexico. *Engineering Geology*, Vol. 313, Pages 106959. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2022.106959>.

SIS-30

MASE 2.0 RED SÍSMICA DE MICHOCÁN: RESULTADOS PRELIMINARES

Domínguez Ramírez Luis Antonio¹, Iglesias Mendoza Arturo¹, Real Pérez Jorge Arturo¹, Pertón Mathieu¹, Cruz Atienza Víctor Manuel¹, Valenzuela Wong Raúl¹, Kostoglodov Vladimir¹, Baena Rivera Marcela¹, Santoyo García Galiano Miguel Ángel¹, Huesca Pérez Eduardo², Macías Vázquez José Luis¹, Legrand Denis¹, Pérez Campos Xyoli¹, Solano Hernández Ericka Alinne¹ y Kazachkina Ekaterina¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Investigadores por México, CONAHCYT

ladominguez@enesmorelia.unam.mx

El estado de Michoacán es un estado clave para entender los procesos tectónicos que dan origen al volcanismo monogenético del holoceno. Con el fin de determinar cómo estos cambios en la dinámica de la zona de subducción determinan la geomorfología del estado, se instaló una red sísmica temporal de banda ancha de 10 estaciones en un perfil lineal perpendicular a la costa. Este arreglo sísmico tiene como objetivo complementar los estudios realizados por las redes MASE (Centro de México) y VEOX (Veracruz-Oaxaca) en el flanco occidental de la zona de subducción donde la geometría de la placa cambia abruptamente. La red se extiende desde la ciudad costera de Playa Azul hasta la frontera con el estado de Guanajuato con un espaciamiento entre estaciones de 30 kilómetros para una longitud total del perfil de 270 km. En este estudio presentamos resultados preliminares de tomografía de ruido sísmico, efectos de sitio, tremores y anisotropía.

SIS-31

APLICACIÓN DE LA TOMOGRAFÍA DE RUIDO SÍSMICO EN EL ANÁLISIS CORTICAL DE MICHOCÁN UTILIZANDO EL ARREGLO MASE 2.0

De la Cruz López Carlos Alberto, Domínguez Ramírez Luis Antonio y Pertón Mathieu Félix

Universidad Nacional Autónoma de México

dankon1887@gmail.com

Este estudio se enfoca en la caracterización de la corteza terrestre de Michoacán mediante el arreglo sísmico MASE 2.0. Este arreglo, compuesto por 10 estaciones de banda ancha, el cual fue instalado en un transecto perpendicular a la costa de Michoacán, con estaciones espaciadas cada 30 kilómetros, extendiéndose desde Playa Azul en la costa del Pacífico hasta San Cristóbal de Ayala en la frontera con el estado de Guanajuato. Para generar perfiles de velocidad sísmica, se emplearon métodos de dispersión sísmica combinados con tomografía de ruido sísmico, utilizando herramientas como el software TomoMex (Spica, Z. et al., 2016) y seismic-noise-tomography (Goutorbe, B. et al., 2015). Estos perfiles muestran significativas en la propagación de las ondas sísmicas, lo que permitió mapear con precisión estructuras geológicas complejas en la región, incluyendo la identificación de posibles zonas de debilidad estructural asociadas a una mayor sismicidad. La correlación de ruido sísmico permitió obtener imágenes de la estructura destacando diferencias marcadas en las velocidades sísmicas entre las estaciones. Estos resultados ofrecen información crucial sobre la geología subyacente y la dinámica tectónica del área, proporcionando nuevas perspectivas que pueden guiar futuras investigaciones y evaluaciones sísmicas en la región.

SIS-32

SISMOGRAMAS TELESÍSMICOS PARA FUENTES SÍSMICAS HIPOTÉTICAS EN LA ZONA DE SUBDUCCIÓN DE MÉXICO

Valencia Torres Diego Axel¹ y Mendoza Carlos²

¹Centro Universitario del Sur, Universidad de Guadalajara

²Instituto de Geociencias, UNAM

diego.valencia@alumnos.udg.mx

El uso de métodos cinemáticos de falla finita es relativamente común hoy en día para inferir el deslizamiento cosísmico de sismos mayores mediante la inversión de ondas de cuerpo registradas a distancias telesísmicas ($30^\circ < \Delta < 90^\circ$). Los resultados obtenidos con estas técnicas proveen información importante de las propiedades extendidas de la fuente y el proceso de la ruptura sísmica. Sin embargo, poca atención se ha prestado a las incertidumbres asociadas a los modelos de deslizamiento obtenidos con estos datos. Una manera de examinar estas incertidumbres es mediante la inversión de sismogramas teóricos de fuentes hipotéticas y ver hasta qué punto se pueden recuperar los patrones de ruptura. En este trabajo, se explora la simulación de ondas P telesísmicas para sismos Mw ≥ 7 en la zona de subducción de México que ayudarían a identificar el nivel de confiabilidad de los resultados. Para generar los sismogramas teóricos, se define un plano de falla de acuerdo a la magnitud y el mecanismo focal del evento hipotético. Este plano se divide en un número específico de celdas con fuentes puntuales distribuidas a lo largo y ancho de cada celda y un tiempo de dislocación apropiado para la magnitud del evento. Se calculan registros sintéticos en las estaciones telesísmicas para cada celda sumando las respuestas sísmicas de cada fuente puntual tomando en cuenta el retardo indicado por la velocidad de propagación de la ruptura. Posteriormente se suman los registros sintéticos de todas las celdas para generar sismogramas teóricos para fuentes de distintos tamaños. Se explora además la posibilidad de incluir el ruido sísmico y los efectos de propagación para simular sismogramas realistas. La efectividad del procedimiento se examina comparando los sismogramas obtenidos para un fuente de 30km x 30km con las ondas P telesísmicas observadas para el sismo Mw 7.0 del 08 de Septiembre del 2021 en Acapulco, Guerrero.

SIS-33

OBS ANALYSIS OF ATTENUATION, SITE EFFECTS, AND VELOCITY STRUCTURE IN THE GUERRERO SEISMIC GAP

Plata Martínez Raymundo Omar¹, Ito Yoshihiro², Jaramillo-Rivera Aristóteles H.³, Sánchez-Sesma Francisco J.³, Ronquillo Arvizu Arturo⁴, Real Pérez Jorge⁵, Shinohara Masanao⁶ y Cruz-Atienza Víctor M.⁵

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Disaster Prevention Research Institute, Kyoto

³Instituto de Ingeniería, UNAM

⁴Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

⁵Instituto de Geofísica, UNAM

⁶Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

raymundo.plata@igeofisica.unam.mx

We deployed a temporary array of seven ocean bottom seismometers (OBS) offshore in the Guerrero seismic gap, Mexico. Due to the OBS's proximity to the shallow seismogenic zone, they can monitor earthquake activity in this region, where a large earthquake could pose a considerable seismic risk. This study presents a comprehensive analysis of the seismic structure offshore the Guerrero seismic gap, focusing on site effects, attenuation, and velocity structure through the analysis of earthquake and ambient noise signals. We estimated attenuation quality factors and

site effects via spectral inversion. Additionally, we derived the horizontal-to-vertical spectral ratio (HVSr), which was then inverted with constraints from hydroacoustic seafloor profiles to determine the shallow velocity structures beneath each OBS station. The HVSr inversions indicated the presence of water-saturated layers within the first 45 meters, exhibiting low shear wave velocities. We also observed strong attenuation effects, with quality factor $Q = 86f^{0.86}$, where f = frequency in Hz, in the forearc accretionary wedge. Estimated site effects and HVSr are closely correlated, confirming their close relationship and reliability. This study represents the first effort in Mexico to utilize OBS data to describe the seismic characteristics of the region, providing a foundation for future seismological analyses, including earth-structure imaging and studies of large earthquakes and shallow slow earthquakes in the Guerrero seismic gap.

SIS-34 PLÁTICA INVITADA

SEAFLOOR GEODESY UNVEILS SEISMOGENESIS OF THE LONG-FEARED GUERRERO GAP

Cruz-Atienza Víctor M.¹, Tago Josué², Domínguez Luis A.¹, Kostoglodov Vladimir³, Ito Yoshihiro³, Ovando-Shelley Efraín⁴, Rodríguez-Nikle Tonatihu⁵, González Renata⁶, Boudin Frédérique⁶, Rivera Luis⁷, Villafuerte Carlos¹, Franco Sara¹, Solano Darío⁸, Real Jorge¹, Kazachkina Ekaterina⁹, Miranda Paulina⁹, Ronquillo Arturo⁹, Rocher Ana⁹ y Becel Anne¹⁰

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Facultad de Ingeniería, UNAM

³DPRI, Kyoto University

⁴Instituto de Ingeniería, UNAM

⁵Los Angeles State University

⁶Ecole Normale Supérieure de Paris

⁷Université de Strasbourg

⁸Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

⁹Facultad de Ciencias, UNAM

¹⁰LDEO, Columbia University

cruz@geofisica.unam.mx

Noise could be overwhelming, particularly when it is non-harmonic and dominates the bandwidth of interest. This is the case at the seafloor when looking for transient tectonic deformations using ocean bottom tiltmeters and pressure gauges. Non-tidal oceanographic fluctuations of the water column can seriously obscure the information. This means that the stillness of the deep ocean and the extreme sensitivity of some geophysical instruments do not necessarily allow us to see what we look for; i.e., seeing everything may be too much. An alternative to alleviate this problem might come from instruments designed to look primarily at the object of study. That is, noise-insensitive devices that amplify potentially useful signals over a known bandwidth. Here we show that low-cost tiltmeters mounted on a steel tripod over highly compressible marine sediments act as ultra-long-period tilt mechanical amplifiers (ULP-TMA) that see slow tectonic deformations and are blind to most oceanographic noise. These devices, which operated continuously from November 2017 to March 2024 in the Guerrero Seismic Gap (GGAP) at depths between 1,000 and 5,200 m, enabled measuring for the first time worldwide seafloor rotations associated with Slow Slip Events (SSE) as follows. On September 8, 2021, a Mw7.0 thrust earthquake occurred beneath Acapulco, Mexico, causing significant local damage and triggering the public early warning system in Mexico City 280 km north of the epicenter. Four months before the earthquake, a slow slip event was initiating to the east, in Oaxaca, and propagated to the Costa Chica of Guerrero over the deep segment of the plate interface. Dense GNSS data and unprecedented seafloor geodetic observations acquired aboard the UNAM R/V El Puma in seven oceanographic campaigns revealed that another SSE, this time shallow, initiated in April 2021 next to the oceanic trench of the GGAP, first observed in Mexico, and propagated down dip towards the earthquake hypocentral region during the five months prior to rupture. This SSE as well as the mainshock were recorded either by seafloor hydrostatic pressure sensors (vertical displacement) and/or collocated ULP-TMA (two tilt components), and imaged through the joint inversions of GNSS, InSAR and seafloor geodetic data last acquired at sea in March 2024. The earthquake and its postseismic relaxation triggered a Mw7.3 long-term SSE deep in Guerrero that significantly increased the seismicity of the region. Between December 2022 and March 2023, during its late phase, the SSE climbed up the plate interface from 20 to 5 km depth reaching 35 km offshore just southwest of Acapulco. Then a new shallow short-term SSE (3-15 km depth) occurred offshore Acapulco starting around July 2022. These results indicate that the genesis of potentially devastating earthquakes in the GGAP is controlled by the sway of slow slip transients interacting from the trench to 50 km depth that eventually break locked asperities at seismogenic depths, phenomenology with important implications for the origin of large subduction earthquakes in the globe.

SIS-35 CARTEL

INSTRUMENTACIÓN SÍSMICA DEL EDIFICIO DE CICESE LPZ MEDIANTE SENSORES DE BAJO COSTO

Zazueta Marcela Elizabeth y Ortega Roberto
Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de La Paz
marcelazazueta@icp@gmail.com

En este trabajo presentamos los avances de un proyecto para instrumentar el edificio de CICESE La Paz mediante sensores de velocidad de bajo costo, el objetivo final es elaborar una guía de estudiantes que sirva como un manual de instrumentación. Nuestros resultados se enfocan en poder calibrar previamente los sensores antes

de colocarlos en los sitios estratégicos de medición. Además se realizan mediciones del edificio para calcular sus centros de masa y rigidez. Se realizan mediciones de vibración ambiental y se estima sus espectros de densidad de potencia a lo largo de un periodo de 6 meses o más; los resultados preliminares muestran variaciones en las amplitudes en los diferentes pisos los cuales serán interpretados mediante estudios clásicos de vibración ambiental como "H/V" y "dV/V", además de comprobar algunos resultados con el análisis dinámico de la estructura. Este trabajo académico abre una línea de posibilidades de integración entre alumnos de la carrera de ingeniería civil e instituciones de investigación para poder integrar de forma temprana a los alumnos que se encuentren en sus últimos semestres con proyectos de investigación aplicados a la resolución de problemas en la comunidad.

SIS-36 CARTEL

MONITOREO MULTISENSOR DE LAS DEFORMACIONES EN EL VALLE DE MEXICALI

Glowacka Ewa, Sarychikhina Olga, Ruiz Aguilar Diego, González Ortega Alejandro, Gallardo Delgado Luis, García Arthur Miguel Angel y Yegres Herrera Luis Alejandro

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

glowacka@cicese.mx

El valle de Mexicali, ubicado en la frontera entre dos placas tectónicas, se caracteriza por un alto nivel de sismicidad, tectonismo activo, procesos hidrotermales y volcanismo reciente, cuales afectan configuración y deformación del terreno. Adicionalmente, actividades antropogénicas, como la extracción y reinyección de las aguas geotermiales en el campo geotérmico de Cerro Prieto (CGCP) están contribuyendo en la deformación del terreno, principalmente en forma de subsidencia. Este proceso en particular provoca problemas en la zona agrícola ubicada en ambiente desértico, ya que la producción agrícola depende de extensos sistemas de riego. En estudios anteriores (e.g. Glowacka et al. 1999, 2005, 2010, Sarychikhina et al. 2011, 2018), se pudo identificar el comportamiento espaciotemporal de la subsidencia en función de la tectónica de la zona y de la extracción de fluidos en el CGCP. También se observaron fenómenos de creep, eventos de slip, y además, cambios en los niveles de agua en los bloques contiguos a las fallas afectadas por subsidencia y sismicidad (Glowacka et al., 2002, 2010, Sarychikhina et al. 2015, 2018). En 2021, en CICESE, se abrió el proyecto "Monitoreo multisensor de la subsidencia en el Valle de Mexicali". El objetivo principal de este proyecto fue desarrollar una metodología para detectar y monitorear las deformaciones del terreno mediante un conjunto de técnicas geodésicas (DInSAR y GPS), geotécnicas (griétómetros, inclinómetros y testigos) e hidrogeológicas (piezómetros) para evaluar su efectividad en el seguimiento de cambios espaciotemporales del campo de deformación, y además, aplicar el software existente para la modelación del campo de deformación mediante la inversión conjunta de datos obtenidos por diferentes técnicas. En particular, en el análisis de DInSAR se aplicaron las técnicas multitemporales de PS InSAR y SBAS usando las imágenes de satélites Sentinel 1A/1B. Se analizaron datos de dos estaciones de GPS, que forman parte de la Red Geodésica del Noroeste de México (REGNOM), y se instalaron registradores de niveles de agua en dos pozos someros en la cercanía de la falla Saltillo, afectada por el proceso de subsidencia y fenómenos de creep y eventos de slip. No hubo cambios en la posición, metodología de observaciones de los inclinómetros, grietómetros y testigos. En este poster resumimos, de manera muy general, como las observaciones coleccionadas en los últimos años han aumentado y mejorado nuestro conocimiento de los procesos de subsidencia, el creep, los eventos de slip (esporádicos, cosísmicos o disparados) así como de los procesos falla-agua, y como pueden aplicarse en la inversión conjunta.

SIS-37 CARTEL

RED GEODÉSICA DEL NOROESTE DE MÉXICO (REGNOM): ESTUDIOS GEODÉSICOS Y SISMOTECTÓNICA

Rodríguez Eduardo¹, Ramón Morales Elvia¹, García Meza Ignacio² y González Ortega Alejandro¹

¹Departamento de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

²Posgrado en Ciencias de la Tierra, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

erodriguez@cicese.mx

La Red Geodésica del Noroeste de México (REGNOM; <http://regnom.cicese.mx/>) es una red activa con 25 estaciones permanentes del Sistema Global de Navegación por Satélite (cGNSS). Inició como respuesta al sismo El Mayor-Cucapah (EMC) Mw7.2 ocurrido el 4 de abril de 2010, fortaleciendo la infraestructura de la red sísmica del CICESE (RESNOM; <https://resnom.cicese.mx/>). REGNOM contribuye con el estudio de la deformación cortical en el noroeste de México e interacción entre placas (Pacífico y Norteamérica), repartición de la deformación entre los sistemas de fallas e investigación del ciclo sísmico en la región. Los objetivos de REGNOM son: (1) Complementar las observaciones sísmicas ante la ocurrencia de un evento sísmico de gran magnitud. (2) Proporcionar estimaciones de la deformación de la corteza a largo plazo. (3) Caracterizar la acumulación de deformación elástica a lo largo de diferentes sistemas de fallas en el norte de Baja California y (4) estimar el marco de referencia regional para estudios tectónicos y complementar/integrar estudios geodésicos regionales por medio de la Interferometría de Radar de Apertura Sintética (InSAR). Con ello se logra comprender mejor la zona de fallas activas que comparten la región del sur de California, Estados Unidos y el norte de Baja California, México. Nuestros estudios más recientes están enfocados en la estimación de tasas de deslizamiento en las principales fallas del Valle de Mexicali; obtención del campo de desplazamiento 3D del Centro de Dispersión Cerro Prieto

por medio de InSAR; estimación de magnitud del sismo EMC a partir del espectro de fuente sísmica por medio de datos GPS; separación de fuentes posísmicas a través de las series de tiempo de posición GPS de REGNOM, y estudios de deformación mediante modelado de bloques tectónicos.

SIS-38 CARTEL

IMPLEMENTACIÓN DE RASPBERRY PI 4B PARA ALMACENAR DATOS Y SINCRONIZAR GPS EN INSTRUMENTOS KINEMATRICS ALTUS K2

Navarro Rodríguez Andrés, Mendoza Garcilazo Luis Humberto y Reyes Serrano Rogelio

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

navarroandres@cicese.mx

La Red Sismológica del CICESE (RSC) integra cinco redes dedicadas a la observación sismológica, acelerométrica y geodésica. A pesar de nuestros esfuerzos por monitorear la península de Baja California y áreas circundantes, aún enfrentamos desafíos significativos debido a la falta de cobertura en extensas regiones y las dificultades para mantener y actualizar nuestras estaciones. La adquisición de nuevos equipos también se ve limitada por recursos disponibles. En respuesta a estas limitaciones, hemos explorado nuevas metodologías utilizando la microcomputadora Raspberry Pi 4B (RPi4B) para mejorar la sincronización de tiempo, el almacenamiento y la transmisión de datos en los acelerómetros Altus K2 que desde junio de 2018 han experimentado problemas de sincronización temporal debido a la obsolescencia de las antenas GPS. Actualmente, de las 19 estaciones de la red RANOM, ocho están equipadas con estos instrumentos. Para abordar este desafío, implementamos la RPi4B para sincronizar el tiempo a través de GPS externos o conectividad a internet, además de utilizar su capacidad de memoria externa para la descarga y envío eficiente de datos al servidor de la red, una funcionalidad que los acelerómetros originales no ofrecían. Esta actualización tecnológica no solo mejoró la operatividad de nuestras estaciones existentes, sino que también facilitó la recepción de una generosa donación de 62 equipos Altus K2 por parte del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS, siglas en inglés), los cuales serán implementados estratégicamente en Baja California para fortalecer nuestra red de monitoreo sísmico.

SIS-39 CARTEL

LA RED ACELERÓMETRICA URBANA DE BAJA CALIFORNIA (RAUBC) A 14 AÑOS DE SU INICIO

Valdez Terríquez Armando, Mendoza Garcilazo Luis Humberto, Ruiz Cruz Euclides y Reyes Serrano Rogelio

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

avaldez@cicese.mx

La Red Acelerométrica Urbana de Baja California (RAUBC) es una red regional que actualmente registra las aceleraciones del terreno en las zonas urbanas Tijuana, Mexicali, Ensenada y Tecate producidas por la actividad sísmica, que ocurre en la región noroeste de México y Golfo de California. Esta red forma parte de la Red Sismológica del CICESE (RSC) que integra otras cuatro redes que se encargan de detectar y registrar en forma continua la actividad sísmica (en la región). La red RAUBC tiene como objetivos formar un banco de datos (acelerogramas) para mejorar el conocimiento sobre la respuesta sísmica de sus suelos y estructuras. Actualmente esta red tiene instalados 26 acelerómetros marca GeoSig con capacidades de conectividad, monitoreo y soluciones de medición para terremotos en tiempo real. Adicionalmente se instalaron tres acelerómetros marca Altus K2 de Kinematics, en distintos puntos de las estaciones de bomberos de la ciudad de Tijuana, lo que mejoró la cobertura de esta red. En 14 años de operación, desde su inicio en 2010 a la fecha se cuentan con 297 registros con aceleraciones pico máximas de 10% de g, que permitirán analizar la respuesta de suelos. Para el procesamiento de los datos de las estaciones se utiliza el sistema Earthworm y los módulos, nq2pgm y nq2gif los que calculan los parámetros pico de la respuesta al movimiento del suelo tales como la aceleración, velocidad y desplazamiento. Los valores obtenidos son almacenados en una base de datos y mostrados junto con las imágenes de las series de tiempo en un servidor web. Continuamente los datos de esta red se están procesando para obtener gráficas de aceleración, velocidad, desplazamiento, así como también espectro de Fourier y espectro de respuesta de los eventos registrados en cada sitio o estación. El funcionamiento de esta red se presenta a través de la página web <https://raubc.cicese.mx>, donde se cuenta con todos los eventos registrados desde su inicio de operación en 2010 a la fecha, para facilitar el acceso y la utilización de la información.

SIS-40 CARTEL

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA RED SISMOLÓGICA DEL NOROESTE DE MÉXICO, A PARTIR DEL RUIDO SÍSMICO

Yegres Herrera Luis Alejandro, Ojeda Rogelio, Núñez Leal María Alejandra y Castro Artola Oscar

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

yegres@cicese.mx

La capacidad de detección de eventos sísmicos en una región está intrínsecamente relacionada con los niveles de ruido ambiental en las estaciones sismológicas, así

como con la distribución y densidad de la red de estaciones. Este estudio evalúa la capacidad de la Red Sísmica del Noroeste de México (RESNOM) para calcular la magnitud mínima de eventos sísmicos detectables en la región de Baja California. Se analizó el ruido sísmico promedio en cada estación de la red, convirtiendo los valores de ruido en unidades de desplazamiento en nanómetros, lo que permite definir la amplitud mínima detectable por encima del ruido ambiental para los sismos de la región. Incorporando los valores de ruido sísmico obtenidos junto con otros parámetros, como modelos de velocidad y la distribución geográfica de las estaciones, se estimó la magnitud mínima detectable por RESNOM, identificando algunas regiones con una capacidad de detección de magnitudes tan bajas como $M_L - 0.5$. Estos resultados son fundamentales para evaluar y mejorar las capacidades operativas de RESNOM, contribuyendo significativamente a mejorar la caracterización de la sismicidad en Baja California. La identificación precisa de los límites de detección de la red facilita una planificación más efectiva para futuras instalaciones de estaciones y la optimización de algoritmos de detección y localización sísmica. Finalmente, nuestro trabajo subraya la importancia del monitoreo continuo del ruido sísmico y su directa influencia en la eficacia de la red sismológica para captar eventos menores. Mejorar nuestra comprensión del ruido sísmico no solo refina la respuesta de RESNOM, sino que también impulsa avances tecnológicos y metodológicos que pueden ser aplicados en otras tareas que se realizan también en RESNOM.

SIS-41 CARTEL

SISMICIDAD REGISTRADA POR LA RED SÍSMICA DEL NOROESTE MÉXICO DURANTE EL PERIODO JULIO 2023 – JULIO 2024

Núñez Alejandra, Castro Oscar, Farfán Francisco, Yegres Herrera Luis Alejandro, Arce Rogelio, Arregui Sergio, Díaz de Cossio Guillermo, Ojeda Rogelio y Navarro Andrés

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

anunez@cicese.mx

La red sísmica del Noroeste de México (RESNOM), operada por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, detecta, registra y reporta en forma continua la actividad sísmica que ocurre en la región noroeste de México. En el periodo de julio de 2023 a julio de 2024, la RESNOM registró 3968 sismos de magnitudes desde $M_L 0.4$ a $M_W 5.6$. Esta actividad sísmica se concentra principalmente en el Valle de Mexicali, sur de California Estados Unidos (EE.UU.), frente a las costas de San Quintín, en las Sierras Peninsulares (principalmente en el Valle de la Trinidad) y en el golfo de California. Resalta la gran cantidad de sismos que se registraron en el Golfo de California, durante este periodo, principalmente en la parte norte (cuenca Wagner checar) y en la cuenca de extensión (pull-apart) Carmen, entre las fallas transformantes Carmen y Farallón, donde se presentó una secuencia sísmica a partir del 23 de enero de 2024, con 375 sismos detectados por la RESNOM. De todos los eventos sísmicos registrados, se observaron un total de cinco sismos con una magnitud mayor o igual a 5 ($M \geq 5$). De estos, cuatro ocurrieron en el Golfo de California y uno en el Valle de Mexicali, cerca del poblado Delta. El resto de la actividad sísmica se distribuyó de la siguiente manera: 98 sismos de $5 > M \geq 4$, 510 sismos de $4 > M \geq 3$, 1030 sismos de $3 > M \geq 2$, 2107 sismos de $2 > M \geq 1$ y 218 sismos con magnitud menor a 1. En este trabajo se presenta un resumen de la actividad sísmica reportada por la RESNOM para el periodo de tiempo de julio de 2023 a julio de 2024 y un análisis temporal de los patrones de liberación de energía durante la ocurrencia de las principales secuencias sísmicas detectadas en este periodo: 1) Valle de Mexicali, en los Ejidos Nuevo León y Delta; 2) En las Sierras Peninsulares, en el Valle de la Trinidad; 3) En el Sur de California EE.UU., en el Centro y Ocotillo; 4) En el Golfo de California en la parte norte (boca del Golfo) y frente a las costas de Loreto B.C.S.

SIS-42 CARTEL

ESTIMACIÓN AUTOMÁTICA DE PARÁMETROS BÁSICOS DE LOCALIZACIÓN PARA SISMICIDAD LOCAL Y REGIONAL CON SEISCOMP

González Ávila Daniel, González López Adriana y Grupo de Trabajo Servicio Sismológico Nacional

SSN, UNAM

danielg@sismologico.unam.mx

Actualmente la cantidad de datos sísmicos con los que cuenta la comunidad científica, va en aumento en la misma medida que en la que se han creado nuevos observatorios sísmicos (estaciones sísmicas). Los propósitos del análisis de este tipo de datos pueden ser diversos, desde la estimación de parámetros básicos en localizaciones (hipocentro, magnitud, tiempo origen), hasta la obtención de modelos de velocidades o de estructura interna del subsuelo. En el primer caso, representa una actividad relevante para instituciones como el Servicio Sismológico Nacional (SSN), ya que la obtención y publicación de epicentros a nivel nacional, permite que la población en general y otras instituciones tengan acceso a esta información. Uno de los problemas que enfrenta SSN, es la obtención de localizaciones preliminares confiables, a través de los sistemas automáticos, en pocos minutos. La cantidad de datos que recibe el sistema automático es amplio, y por tanto el picado de fases y los algoritmos de detección deben estar muy bien calibrados, de esta manera estaríamos asegurando que las localizaciones obtenidas de manera automática son eficaces. De modo que se convierte en un reto importante para el SSN, reto en el que continuamente se ha trabajado para mejorar las soluciones de los sistemas

automáticos de detección. Seiscomp es un software que permite analizar grandes conjuntos de datos (por ejemplo, datos sísmicos para localizaciones automáticas), dicha herramienta posee la ventaja de calibrar su paquetería a conveniencia de la red que la administra, además de tener la posibilidad de añadir módulos adicionales y programas de propia autoría. Es por lo anterior que su uso representa una valiosa herramienta para los objetivos del SSN, siempre y cuando los cálculos rápidos tengan bajos errores en sus estimaciones.

SIS-43 CARTEL

CALIBRACIÓN DE MAGNITUD (ML), PARA SISMOS EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Espíndola Víctor Hugo, Quintanar Luis, Martínez Uriel A., Iglesias Arturo y Cardenas Arturo

Instituto de Geofísica, UNAM
victore@sisimologico.unam.mx

La Ciudad de México (CdMX) se ha visto afectada por la ocurrencia de grandes sismos interplaca o intraplaca, tal es el caso de los sismos de 1985 (Mw 8.0) y los dos de septiembre de 2017 (Mw 8.2 y Mw 7.1). Sin embargo, la actividad sísmica que se origina dentro de la Ciudad, tienen también gran impacto en la población, a pesar de ser de magnitudes pequeñas, toda vez que presentan en algunos casos aceleraciones altas ($Pga > 150 \text{ cm/s}^2$). En el Servicio Sismológico Nacional (SSN), para el cálculo de parámetros sísmicos dentro de CdMX, se utilizan los registros sísmicos que se generan por diversas instituciones, SSN (I. Geofísica UNAM), Instituto Ingeniería (UNAM), CIRES, Universidad Autónoma metropolitana (UAM). Por lo que la incertidumbre en la localización y ubicación de esta sismicidad es muy baja. Para la estimación de la magnitud se utiliza magnitud de coda (Mc), sin embargo por tratarse de sismos de alta frecuencia, esta no es siempre fácil de medir. En este trabajo, calibramos una magnitud local (ML), tomando como base el análisis de 9 sismos ocurrido en la última década con magnitudes pequeñas ($2.1 < Mw < 3.3$), cuya magnitud ha sido calculada determinando el momento sísmico escalar mediante la inversión del Tensor de Momento. Analizamos registros de velocidad y aceleración, para calibrar la magnitud local (ML), con base en valores Pgv y Pga en función de la distancia epicentral a cada una de las estaciones.

SIS-44 CARTEL

SISMICIDAD EN EL BLOQUE JALISCO DURANTE EL AÑO 2022

Verdín Herrera Víctor Daniel¹, Gutiérrez Peña Quiriat Jearim², Zamora Camacho Araceli³ y Espíndola Castro Juan Manuel³

¹Universidad de Guadalajara

²UDG

³UNAM

victor.verdin3117@alumnos.udg.mx

Este trabajo destaca la importancia de evaluar la sismicidad en regiones específicas para comprender los riesgos asociados. El Bloque Jalisco es una de las áreas más sísmicas de México, influenciada por la subducción de la Placa de Rivera bajo la Placa Norteamericana, dicha área está delimitada por la trinchera Mesoamericana al oeste, el graben de Colima al sur y el graben de Tepic-Zacoalco al norte. En esta región han ocurrido terremotos importantes, en los últimos 160 años, se han registrado 10 sismos significativos ($M_s > 7.4$), incluyendo uno de los mayores terremotos en México en 1932 con una magnitud de 8.2 Mw. Para detectar eventos sísmicos se utilizó el algoritmo STA/LTA del software SEISAN, posteriormente se revisaron visualmente y corrigieron manualmente las lecturas de los tiempos de arribo de las ondas P y S, también se calcularon las magnitudes de coda obteniendo como resultado un catálogo sísmico de 943 eventos, del mapa de nuestra sismicidad detectada y localizada se logra apreciar que la mayoría de nuestros sismos fueron de una profundidad focal somera, adicionalmente se calculó el valor b teniendo como resultado 1.41. Por otra parte, se aprecia actividad cerca del volcán de Fuego, así como una falla.

SIS-45 CARTEL

EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN HUMANA A LA VIBRACIÓN EN TRANSPORTE PÚBLICO

Lázaro Bosques Brenda Berenice, García Enriquez Mauro Miguel de Jesús y Rodríguez González Miguel

Instituto de Ingeniería, UNAM
bbosques09@gmail.com

Las vibraciones que perciben los seres humanos dentro de los medios de transporte, que pueden deberse a múltiples factores, es un tema de seguridad y confort, puesto que, se tiene evidencia que una continua exposición a vibraciones tiene repercusiones que pueden ir desde incomodidad, hasta problemas de salud como mareos, problemas estomacales, dolor de cabeza, y en exposiciones prolongadas a vibraciones mayores a 2 g (donde g es el valor de la aceleración de la gravedad), trastornos musculoesqueléticos, alteraciones en la absorción de vitamina C y en niveles de azúcar en la sangre, interrupciones del flujo sanguíneo y adormecimiento de extremidades. Diferentes países han creado sus respectivas normas donde establecen directrices para las técnicas de medición y criterios de evaluación para las vibraciones en diversas situaciones. En este contexto, es en donde los autores de este texto han realizado un sistema nombrado EViCON, para automatizar las

secuencias de procesamiento de datos comparados con estándares internacionales como la ISO 2631-1 y -2. Ahora bien la falta de sensores ha sido una limitante, por lo que se ha optado por tomar registros de aceleración mediante el uso de celulares de diferentes marcas, que si bien tienen un ancho de banda entre 25 y 50 Hz, permiten ilustrar las vibraciones a las que una persona puede estar sujeta en situaciones cotidianas. Se han analizado mediante descriptores de aceleración (VDV, a r.m.s., Lw y MTVV) los sistemas de transporte público de la Ciudad de México como la línea 3 del Metro, la línea 1 del Metrobús, el Tren Ligero, la estación del metro Copilco, la ruta de una combi, así como el caso de una camioneta en terracería y un camión en Toluca con la aplicación Physics Toolbox. Los resultados de VDV indican que, para los sistemas de transporte guiado por vías o que circula por carriles confinados se tiene baja probabilidad de generar comentarios adversos, por el contrario, para los sistemas de transporte restante son probables los comentarios adversos especialmente en su componente vertical.

SIS-46 CARTEL

CARACTERIZACIÓN SISMOLÓGICA DEL ESTADO DE MICHOACÁN MEDIANTE EL ANÁLISIS DE CURVAS H/V

Luna Cruz Cynthia Guadalupe, Domínguez Ramírez Luis Antonio y Baena Rivera Marcela

Universidad Nacional Autónoma de México
clunacruz@gmail.com

Este trabajo presenta un análisis detallado de las curvas H/V obtenidas en diversas estaciones sísmicas distribuidas en un arreglo perpendicular a la costa del estado. Las curvas H/V, derivadas de la relación espectral entre las componentes horizontales y verticales del movimiento del suelo, están fundamentadas en la hipótesis de la equipartición de energía de ondas sísmicas. Este método se basa en la identificación de la frecuencia fundamental del suelo, la cual está asociada con las características elásticas del subsuelo, permitiendo inferir la velocidad de las ondas Vs en diferentes profundidades. Para este estudio, se han utilizado datos sismológicos recolectados de 10 estaciones distribuidas a lo largo de un arreglo lineal perpendicular a la costa con un espaciamiento de 30 km. Estos resultados permiten obtener perfiles de velocidad de ondas sísmicas y facilitar la identificación de capas de sedimentos y la caracterización de la profundidad del basamento rocoso. Asimismo, se han implementado métodos de control de calidad para garantizar la fiabilidad de las curvas obtenidas, incluyendo la visualización previa de las señales sismológicas. Los resultados preliminares sugieren variaciones significativas en las características del subsuelo a lo largo del estado de Michoacán, lo que podría indicar la presencia de heterogeneidades geológicas que influyen en la propagación de ondas sísmicas en la región. El análisis de las curvas H/V se ha demostrado como una herramienta eficaz para la caracterización del subsuelo en Michoacán, ofreciendo una visión preliminar de las condiciones geológicas que podrían influir en la amplificación sísmica local. Este trabajo establece una base para futuras investigaciones que buscarán mejorar la evaluación del peligro sísmico en la región.

SIS-47 CARTEL

IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE VELOCIDADES DE CORTANTE VS EN ESTACIONES ACELEROGRÁFICAS DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA EN JALISCO Y OAXACA

Alva Fuentes Arantza Ayelén^{1,2} y Aguirre Jorge¹

¹Instituto de Ingeniería, UNAM

²Universidad de La Salle

arantzaalva@lasallistas.org.mx

Se estudiaron 31 estaciones acelerográficas: 6 del estado de Jalisco y 25 del estado de Oaxaca. Los datos utilizados fueron obtenidos de la base de datos de registros acelerográficos de la RAII-UNAM del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Buscamos caracterizar el efecto de sitio en cada estación usando el mayor número de eventos que cumplan con los criterios de calidad que incluyen una clara definición de la onda S, que la señal tenga suficiente resolución y que su amplitud sea claramente mayor al ruido sísmico. En varias de las estaciones utilizamos más de 100 eventos. Siguiendo el método propuesto por Nagashima et al. (2014) se usaron ventanas de 20.48 s a partir del inicio de la onda S. Con ellas se obtuvieron los cocientes espectrales H/V de cada evento. Los promedios de los cocientes de todos los eventos considerados en cada estación que fueron utilizados para la inversión. El método de inversión de estructura de velocidades es un método heurístico basado en algoritmos genéticos y cristalización simulada. Por cada estación se realizaron 35 inversiones independientes. En varias de las estaciones, los resultados de estas 35 inversiones muestran grandes similitudes a pesar de ser independientes, lo cual proporciona confianza sobre los resultados obtenidos. Aún con las incertidumbres asociadas, las estructuras de velocidad invertidas son útiles en estudios donde sea preciso remover el efecto de sitio. Se tiene como objetivo que los resultados obtenidos de este proyecto sean una aportación a la información contenida en la base de datos de la RAII-UNAM.

SIS-48 CARTEL

ESTRUCTURA DE VELOCIDADES VS INVERTIDA A PARTIR DE COCIENTES ESPECTRALES DE EVENTOS SÍSMICOS DE ESTACIONES ACELEROGRÁFICAS DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA (PARTE II)

Tiempos Sánchez Joselyn Meliza¹ y Aguirre González Jorge²

¹Instituto Politécnico Nacional, IPN

²Universidad Nacional Autónoma de México

joselyn_mts98@outlook.com

En la RAUGM 2023 se presentaron las inversiones de 5 estaciones ubicadas en Guerrero y en la Ciudad de México. En esta segunda entrega, se amplía el número de estaciones para sumar un total de 30 estaciones acelerográficas de los estados de Guerrero, Michoacán, Colima, Estado de México y Ciudad de México. Los datos utilizados fueron obtenidos de la base de datos de registros acelerográficos de la RAI-UNAM del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Buscamos caracterizar el efecto de sitio en cada estación usando el mayor número de eventos. Sin embargo, no se pudieron usar en su totalidad porque no cumplían con la calidad y características establecidas. Aun así, en la mayoría de las estaciones utilizamos más de 50 eventos. Siguiendo el método propuesto por Nagashima et al. (2014) se ubicó el inicio de la onda S, a partir de donde se consideraron ventanas de 20.48 s con las que se obtuvieron los cocientes espectrales H/V de cada evento. Los promedios de los cocientes de todos los eventos considerados en cada estación fueron utilizados para la inversión. El método de inversión de estructura de velocidades es un método heurístico basado en algoritmos genéticos y cristalización simulada. Se buscó validar los datos comparando la inversión en aquellos lugares donde se cuenta con la geología de las estaciones de los estados seleccionados. Se ha dado continuidad a este proyecto que se expuso el año pasado, donde presentamos los resultados de las primeras 5 estaciones que se invirtieron (H/V, gráficas ajuste, generación y perfiles); para finalmente dar a conocer las gráficas de los resultados de las 25 estaciones restantes. El objetivo sigue siendo que los resultados obtenidos de este proyecto de tesis sean una aportación a la información contenida en la base de datos de la RAI-UNAM.

SIS-49 CARTEL

ESTIMACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE VELOCIDADES DE CORTANTE VS EN ESTACIONES ACELEROGRÁFICAS DEL VALLE DE MÉXICO

Austria Mejía Pavel Augusto¹ y Aguirre Jorge²

¹Facultad de Ingeniería/Instituto de Ingeniería, UNAM

²Instituto de Ingeniería, UNAM

paustriam@ingen.unam.mx

Para este proyecto se estudiaron estaciones acelerográficas ubicadas en el Valle de México. Los datos utilizados fueron obtenidos de la base de datos de registros acelerográficos de la RAI-UNAM del Instituto de Ingeniería de la UNAM y del Centro de Instrumentación y Registro Sísmico (CIRES). Se buscó caracterizar el efecto de sitio en cada estación usando el mayor número de eventos que cumplieran con algunos criterios de calidad como lo son una clara definición de la onda S, que la señal tuviera suficiente resolución y que su amplitud fuera claramente mayor al ruido sísmico. Siguiendo el método propuesto por Nagashima et al. (2014) se usaron ventanas de 20.48 s a partir del inicio de la onda S. Con ellas se obtuvieron los cocientes espectrales H/V de cada evento. Los promedios de los cocientes de todos los eventos considerados en cada estación fueron utilizados para la inversión. El método de inversión de estructura de velocidades es un método heurístico basado en algoritmos genéticos y cristalización simulada. Por cada estación se realizaron 35 inversiones y en varias de las estaciones los resultados de dichas inversiones mostraron grandes similitudes a pesar de ser independientes, lo cual proporciona confianza sobre los resultados obtenidos. Los modelos obtenidos son comparados y discutidos con respecto a los modelos conocidos tanto geológicos como geotécnicos. Aún con las incertidumbres asociadas, las estructuras de velocidad invertidas son útiles en estudios donde sea oportuno remover el efecto de sitio. Se tiene como objetivo que los resultados obtenidos de este proyecto sean una aportación a la información contenida en la base de datos de la RAI-UNAM.

SIS-50 CARTEL

USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR THE CHARACTERIZATION OF A SEISMIC SEQUENCE IN THE SOUTHERN PART OF THE SAN CLEMENTE FAULT SYSTEM

Martínez Ceseña Juan José y González Huizar Héctor

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

juan.martinez@cicese.edu.mx

Seismicity in northwestern Mexico is dominated by the interaction between the North American and Pacific tectonic plates, resulting in continuous seismic activity in the state of Baja California. On November 22, 2022, a magnitude Mw 6.1 earthquake occurred off the Pacific coast, near the city of San Quintín. This earthquake has been associated with the San Isidro Fault, in the southern part of the San Clemente

Fault System. Historically, only one earthquake of magnitude greater than 6, which occurred in 1954 (USGS, 2023), has been recorded related to this part of the fault system, making the 2022 earthquake an unusual event for this region. The 2022 earthquake presented foreshocks and triggered a significant number of aftershocks. This seismic sequence has not yet been fully characterized, partly due to the low coverage of seismic stations in that region. For cases like this, with a low station coverage, artificial intelligence has been proven to be very effective and in some cases even superior to traditional methods for phase identification (Mousavi, Ellsworth, Zhu, et al., 2020; Mousavi & Beroza, 2023; Münchmeyer et al., 2022; Woollam, Münchmeyer, Tilmann, et al., 2022; Wollam, van der Heiden, Rietbrock, et al., 2022). In this work, we use novel detection techniques to build a catalog of the 2022 seismic sequence, that allow us to better understand the faults and seismicity in this area. We present preliminary work on earthquake detection using Earthquake Transformer (Mousavi, Ellsworth, Zhu, et al., 2020) via Seisbench (Woollam, Münchmeyer, Tilmann, et al., 2022) for phase identification, PyOcto (Münchmeyer, 2024) for association, and nonlinloc (Lomax et al., 2000; Lomax, Michelini & Curtis, 2014) for source relocation.

SIS-51 CARTEL

LOCALIZACIÓN DE EVENTOS SÍSMICOS CON UNA SOLA ESTACIÓN UTILIZANDO UN MODELO MIXTO GUIADO POR REDES NEURONALES

Castro Morales Jorge Daniel¹, Ortega Roberto²,
Meneses Ponce Cecilia¹ y González Huizar Héctor¹

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE

²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE - Unidad La Paz

castrojd@cicese.mx

Presentamos un enfoque novedoso para la localización de terremotos utilizando datos de una sola estación. Nuestra metodología integra dos redes neuronales, cada una con propósitos distintos: la primera para predecir coordenadas espaciales preliminares de la actividad sísmica y la otra para identificar fases sísmicas. Estas predicciones y una función de verosimilitud tridimensional (3D) de tiempo de viaje se integran dentro de un marco bayesiano. La validación experimental de nuestra metodología se llevó a cabo utilizando datos sísmicos de la secuencia de terremotos de Ridgecrest 2019, lo que arrojó resultados prometedores para la localización de terremotos con una sola estación. Nuestro enfoque subraya la eficacia de emplear un modelo bayesiano complementado con a priori iniciales informados derivados de algoritmos de aprendizaje profundo, especialmente en escenarios que requieren toma de decisiones rápidas. Es importante destacar que nuestra metodología combina la potencia del aprendizaje profundo para estimaciones preliminares con el refinamiento probabilístico de la localización tridimensional de eventos sísmicos.

SIS-52 CARTEL

DETECCIÓN Y ANÁLISIS DE LA SECUENCIA SÍSMICA DE MAYO 2024 EN EL VALLE DE MEXICALI USANDO REDPY Y MSNOISE

Arce Villa Rogelio, Castro Artola Oscar Alberto, Yegres
Herrera Luis Alejandro, Rösler Boris y Arregui Sergio

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

arce.villa@cicese.mx

En mayo de 2024, se registró una secuencia sísmica en el Valle de Mexicali, cerca del poblado Delta, a 32 km al noroeste de la ciudad de Mexicali. Para el análisis de estos eventos, se implementaron los códigos REDPy (Repeating Earthquake Detector in Python) y MSNoise. REDPy permitió la detección y el análisis de sismos repetidos, agrupando los eventos en "familias" basadas en la similitud de las formas de onda mediante la correlación cruzada a través de múltiples estaciones. Por su parte, MSNoise se utilizó para medir los cambios en la velocidad sísmica mediante la correlación cruzada de registros sísmicos continuos, permitiendo el monitoreo de variaciones en la función de correlación respecto a una referencia. Los resultados obtenidos aportan nuevos conocimientos sobre la dinámica sísmica del Campo Geotérmico Cerro Prieto, subrayando la importancia de la aplicación de herramientas avanzadas como REDPy y MSNoise en monitoreo y análisis de secuencias sísmicas en regiones geotérmicas.

SIS-53 CARTEL

DETECCIÓN DE SISMOS UTILIZANDO APRENDIZAJE PROFUNDO

Tinoco Martínez Sergio Rogelio¹, Aguilar Javier
Fernando Rodrigo¹ y Domínguez Ramírez Luis Antonio²

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

stinoco@enesmorelia.unam.mx

En los últimos años, la capacidad de monitoreo del Servicio Sismológico Nacional (SSN), así como de las diversas redes del mundo, ha crecido de forma exponencial debido al aumento en el número de estaciones y a la facilidad de almacenar datos de forma digital. Esto ha permitido, por una parte, tener un registro de sismos cada vez más pequeños que, al ser más frecuentes, son la base del crecimiento acelerado

del registro sísmico. Sin embargo, por otra parte, esto ha hecho que los métodos manuales de análisis de sismos sean cada vez más difíciles de llevar a cabo. Ante esta problemática, se propone un modelo de red neuronal para la detección de sismos utilizando sus espectrogramas. Esto permite diferenciar las distintas señales que registra un sismómetro, por ejemplo, el ruido producido por el paso de vehículos, señales provenientes de la atmósfera (huracanes, tormentas, oleaje, viento, etc.), entre otros. El conjunto de datos utilizado para el entrenamiento contiene en su mayoría réplicas del sismo de Ometepec, Guerrero, con magnitud $M_w=7.4$, ocurrido el 20 de marzo de 2012. Por lo que el trabajo se centra en detectar sismos con una relación señal a ruido relativamente baja cercanos a la estación sísmica PNIG localizada en Pinotepa Nacional, Oaxaca. Para el entrenamiento de la red neuronal se utilizaron 17,361 sismos detectados mediante el algoritmo FAST (Fingerprint and Similarity Thresholding, Yoon et al. 2015), los cuales fueron revisados de manera manual para validar la calidad del conjunto de entrenamiento. Para cada sismo detectado se obtuvo su espectrograma en ventanas de 30s, los cuales fueron usados como imágenes de entrada para el entrenamiento de la red neuronal. El modelo propuesto en este trabajo cumple satisfactoriamente con el proceso tanto en la parte de clasificación como en la parte de detección. En lo que se refiere a la clasificación se muestra como resultado una exactitud (relación del número de predicciones correctas entre el total de predicciones) de 99.37% y un Recall (relación que existe entre el número de ejemplos positivos correctamente clasificados como positivos y el total de muestras positivas) fue de 100%. En cuanto a la detección, los resultados son un $mAP = 98.74\%$ (promedio de la precisión media de todas las clases). Estos resultados son con#ables estadísticamente, por lo tanto, el algoritmo de detección de sismos desarrollado se puede implementar en otras estaciones sísmicas como apoyo en la determinación de la ocurrencia de estos eventos.

SIS-54 CARTEL

COMPARATIVA DE ASOCIADORES DE FASES SÍSMICAS PARA LA DETECCIÓN DE ACTIVIDAD EN LA SECUENCIA SÍSMICA DE ABRIL DEL 2019 EN EL VOLCÁN DE COLIMA, MÉXICO

Reyes Alfaro Gabriel¹, Martínez Ceseña Juan José²,
Arámbula Mendoza Raúl³ y Márquez Ramírez Víctor Hugo⁴

¹Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos de Jalisco

²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE

³Universidad de Colima

⁴Instituto de Geociencias, UNAM
gr.alfaros@gmail.com

En las primeras horas (UTC) del 26 de abril del 2019 inició una secuencia de eventos sísmicos bien registrados en la Red Sismológica Telemétrica del Estado de Colima (RESCO) que monitorea en tiempo real el Volcán de Colima. Tras poco más de dos años previos con un descenso notable en la actividad volcánica después de un largo periodo eruptivo (Reyes-Dávila et al., 2016), la presencia de esta actividad alertó a las instituciones responsables del monitoreo. Aunque finalmente no se inició un nuevo ciclo eruptivo a partir de este año, presentamos en este análisis preliminar la tarea inicial de la caracterización del proceso: la detección de sismicidad utilizando técnicas desarrolladas desde herramientas de la inteligencia artificial. A través del Seisbench (Woollam et al., 2022) utilizamos el Earthquake Transformer (Mousavi et al., 2020), una herramienta basada en el Machine Learning para el picado automático de fases sísmicas de onda P y S. La posterior asociación de fases, que es una tarea esencial en la caracterización de sismicidad, fue realizada con dos herramientas construidas desde un enfoque metodológico distinto. Para realizar el análisis que aquí presentamos, comparamos los catálogos de eventos preliminares de dos asociadores: Primero el GaMMA (Zhu et al., 2022), que asume un desplazamiento hiperbólico de fases desde el origen en donde cada evento es un componente de una mezcla Gaussiana y segundo, el PyOcto (Münchmeyer, 2024) que es un asociador basado en una arquitectura OcTree, que es una estructura de datos jerárquica que genera particiones 4-D del espacio-tiempo en la búsqueda de orígenes. La localización hipocentral preliminar que también generan estas herramientas es comparada con un localizador convencional.

SIS-55 CARTEL

OPTIMIZACIÓN DE ARQUITECTURAS DE REDES NEURONALES PARA LA DETECCIÓN DE EVENTOS SÍSMICOS USANDO ALGORITMOS EVOLUTIVOS

Cortés Barajas Alicia Ximena, Calò Marco y Molino Minero Re Erik
Universidad Nacional Autónoma de México
ximenacortesba@gmail.com

La detección automática de eventos sísmicos es esencial para la vigilancia y mitigación de riesgos en regiones tectónicas y volcánicas activas. Se presenta un enfoque basado en la Búsqueda Evolutiva de Arquitecturas Neuronales (ENAS), utilizando el algoritmo NSGA-III para optimizar la arquitectura de redes neuronales aplicadas a la detección de eventos sísmicos en señales de sismómetros de fondo oceánico (OBS) distribuidos en las Islas Eolias. El preprocesamiento de los datos incluye la Transformada Wavelet Discreta (DWT) para la extracción de características y el Análisis de Componentes Principales (PCA) para la reducción de dimensionalidad. El trabajo está enfocado en mejorar la precisión de detección mediante la optimización continua de la arquitectura y la implementación de técnicas avanzadas de preprocesamiento. Aunque los resultados actuales son modestos,

se espera que las mejoras en curso conduzcan a una detección más confiable y eficiente de eventos sísmicos.

SIS-56 CARTEL

IMPLEMENTACIÓN DE DIVERSAS TRANSFORMADAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE SEÑALES SÍSMICAS GENERADAS POR MOVIMIENTOS GRAVITACIONALES DE MASA

Ramírez Vega Karla Guadalupe¹, Flores Márquez Elsa Leticia² y Suriñach Cornet Emma³

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Dpt. Dinàmica de la Terra i de l'Oceà, Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona
karlup@comunidad.unam.mx

Los movimientos gravitacionales de masa (MGM) son fenómenos impredecibles y caóticos que representan un alto grado de peligrosidad para las poblaciones cercanas a las zonas donde se originan. La duración de estos depende del tipo de MGM, por ejemplo, los lahares son fenómenos que pueden durar horas, mientras que los aludes de nieve y las caídas de roca, duran unos cuantos segundos o minutos. La naturaleza impredecible de estos procesos y el hecho de que el monitoreo en tiempo real sea logísticamente difícil; hace que, el observar y medir directamente los parámetros de un MGM sea muy complicado. En los últimos años diversos investigadores se han dado a la tarea de analizarlos depósitos, imágenes, modelos y señales sismo-acústicas generadas por los MGM, con el fin de llegar a comprenderlos. Los MGM han sido analizados mediante diferentes técnicas, particularmente indirectas, siendo las señales sísmicas las mayormente usadas y con las cuales, se han logrado comprender y medir algunas características de su dinámica. Diversos autores han utilizado herramientas como el espectrograma para caracterizar señales sísmicas generadas por aludes de nieve y lahares, obteniendo buenos resultados que han sido publicados en revistas de circulación internacional. Recientemente, el uso de la transformada Hilbert-Huang (THH) para el análisis de señales sísmicas generadas por aludes de nieve, lahares y caídas de roca han permitido conocer características de frecuencia y amplitud en las señales, que no habían sido observadas en resultados previos. El presente trabajo propone el uso de diversas técnicas de análisis de señales, como son la transformada de Fourier, las wavelets, algunas distribuciones como las Wigner, Choi-Williams, etc. y aplicando análisis de geoestadística no lineal, con el fin de comprender la información que nos brindan las funciones de modo intrínseco en que se descompone una señal sísmica generada por MGM, a través de métodos de descomposición en modos empíricos, y correlacionarlas con la física que conllevan estos fenómenos. Los resultados que se han obtenido con las nuevas transformadas, propuestas para el análisis de las señales previamente tratadas con THH, permiten resaltar las características frecuenciales y de amplitud que han sido previamente observadas.

SIS-57 CARTEL

ANÁLISIS DE OBSERVACIONES HR-GNSS PARA MONITOREO DE SISMOS DE GRAN MAGNITUD MEDIANTE MODELOS DE ENTRENAMIENTO PROFUNDO

Quinteros Cartaya Claudia¹, Quintero Arenas Javier², Padilla Lafarga Andrea Alejandra³,
Moraila Valenzuela Carlos⁴, Faber Johannes⁵, Li Wei⁶, Köhler Jonas⁷ y Srivastava Nishtha⁸

¹Frankfurt Institute for Advanced Studies

²Frankfurt Institute for Advanced Studies; Institute of Computer Sciences, Goethe University

³Universidad Autónoma de Sinaloa

⁴Frankfurt Institute for Advanced Studies; Institute for Theoretical Physics, Goethe University

⁵Frankfurt Institute for Advanced Studies; Institute of Geosciences, Goethe University

quinteros@fias.uni-frankfurt.de

El Sistema Satelital de Navegación Global con alta tasa de muestreo (≥ 1 Hz ; HR-GNSS), ha demostrado ser una fuente de información importante para el análisis de grandes sismos y contribuir con sistemas de alerta temprana. Mediante los datos de HR-GNSS es posible determinar eficazmente los desplazamientos del terreno, generados por eventos sísmicos de gran magnitud, que permiten caracterizar propiedades de la fuente. Este trabajo desarrolla una herramienta de monitoreo de datos HR-GNSS en Python para ser integrado en la API para análisis de eventos sísmicos, SAIPy. Esta herramienta está constituida por dos modelos de aprendizaje profundo que operan secuencialmente: el primer modelo, DetEQ, detecta el inicio de los desplazamientos a partir de datos HR-GNSS con muestreo de 1 Hz en tres componentes (norte, este y vertical). El segundo modelo, MagEs, estima la magnitud de estos desplazamientos. Para la evaluación de los modelos se utilizaron observaciones HR-GNSS de eventos sísmicos de México y Chile (recopiladas de UNAVCO y CDDIS). Previo a los modelos de entrenamiento profundo, se pre-procesaron los datos HR-GNSS evaluando la relación señal/ruido, ambigüedades de fase portadora, efectos de multitrayectoria y removiendo el retardo zenital ionosférico utilizando la combinación de doble frecuencia. En la etapa de obtención de las posiciones (X,Y,H) por cada época, se utilizaron orbitas IGS, modelos de corrección: tierra sólida, mareas oceánicas, rotación terrestre, atmósfera; empleando la metodología de diferencial (Track/Gamit-GlobalK). Dado el impacto significativo del ruido en la calidad de los registros GNSS, nuestros modelos de aprendizaje profundo han sido entrenados con datos de sismos $M_w \geq 6.9$. El modelo DetEQ ha sido entrenado con series temporales correspondientes a ventanas de tiempo de observación que no incluyen desplazamientos generados por algún sismo (solo ruido). Posteriormente, ha sido probado con observaciones,

reales y sintéticas, que incluyen eventos sísmicos en la ventana de tiempo, cuya detección es el resultado de la interpretación del modelo como una anomalía en la serie temporal. Por otro lado, el modelo MagEs ha sido entrenado con datos sintéticos a partir del inicio detectado por DetEQ y luego se evalúa utilizando un conjunto de observaciones de sismos sintéticos y reales. El proceso de estimación de magnitud comienza 15 segundos después de la detección y se actualiza cada segundo, hasta un tiempo máximo de 6.5 minutos posterior a la detección. Si bien estos algoritmos representan un avance significativo en el análisis sísmológico, aún es necesario seguir trabajando en ciertos desafíos, tales como la calidad de los datos, la complejidad computacional y la adaptabilidad a diferentes escenarios tectónicos.

SIS-58 CARTEL

APLICACIÓN DE ALGORITMOS ARMÓNICO-PERCUSIVOS A DATOS DE OBS OBTENIDOS EN EL EXPERIMENTO DEL MAR TIRRENO

Gámez José Antonio¹, Calò Marco¹, Di Luccio Francesca² y Real Jorge¹

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²INGV

king-nido@hotmail.com

Las Islas Eolias constituyen un archipiélago ubicado en el Mar Tirreno al norte de Sicilia, Italia. La formación de estas islas es el resultado de la interacción de las placas Euroasiática y Africana, cuyo movimiento de subducción alimenta la actividad volcánica de la región. En la que se encuentran estructuras de gran importancia como el volcán submarino más grande de Europa, el Marsili; el Stromboli y el Vulcano. Con el fin de estudiar esta zona de gran interés tectónico, se desarrolló entre diciembre de 2000 y mayo de 2001, el experimento del mar Tirreno (TyDE experiment), que consistió en la colocación de 14 estaciones en el fondo marino (OBS) compuestas por hidrófonos y seis de ellas con sismómetros conformadas por un sensor de banda ancha PMD 113 y un registrador SEND GEOLON de bajo consumo energético, formando un arreglo triangular entre la península italiana y Sicilia para hacer un registro continuo de los movimientos del terreno. Este experimento fue el primer intento de medición sísmica con OBS en el Mediterráneo instalados a profundidades mayores a 1300 m y una abertura de más de 150 km. Lo registros de los OBS están altamente contaminados por el ruido generado por los movimientos del mar y no pueden ser procesados de la misma forma que las estaciones instaladas sobre tierra, lo que entorpece el análisis sísmico. En este trabajo, se busca encontrar una metodología que permita mejorar la calidad de los registros. Entre las varias técnicas se presentarán ejemplos usando algoritmos armónico-percusivos, basados en la aplicación de una matriz de similitud y filtros de mediana para separar elementos armónicos de transitorios; filtros específicos con la finalidad de proponer un protocolo de procesamiento de datos de este tipo que puede ser aplicado a otras bases de datos registrados en los fondos oceánicos. Trabajo realizado en el marco del proyecto internacional CAVEAT y apoyado por el convenio de colaboración entre el INGV-Italia y el instituto de Geofísica de la UNAM

SIS-59 CARTEL

TREMORES TECTÓNICOS Y SISMOS LENTOS EN GUERRERO: UN ENFOQUE BASADO EN EL ANÁLISIS ESPECTRAL

Rocher Ana, Real Jorge, Plata Raymundo, Kostoglodov Vladimir y Cruz Víctor

Universidad Nacional Autónoma de México

rocher@igefisica.unam.mx

Los tremores tectónicos son señales sísmicas de baja frecuencia asociadas con el movimiento lento y continuo en zonas de falla. A menudo se detectan espacial y temporalmente junto con eventos de deslizamiento lento (SSE), dando lugar a un fenómeno conocido como "episodic tremor and slip". En México, estos fenómenos se han registrado en diversas regiones, proporcionando información valiosa para comprender la dinámica de fallas y su posible vínculo con la ocurrencia de grandes sismos. Aunque existen métodos para la detección y localización de tremores, en México se han enfrentado a limitaciones debido a la escasez de estaciones sísmológicas y los bajos niveles de señal-ruido de los datos disponibles. Esto ha impulsado el desarrollo de nuevas metodologías para superar estas limitaciones. En este trabajo, utilizamos un método innovador basado en el análisis espectral de señales sísmicas para la detección de tremores tectónicos (Real, 2018), que ha mostrado resultados prometedores utilizando una sola estación y en condiciones de baja relación señal-ruido. Hemos generado un catálogo de tremores tectónicos utilizando datos sísmológicos continuos de la estación de banda ancha del Servicio Sísmológico Nacional en Arcelia, Guerrero (ARIG), cubriendo el período de enero de 2018 a enero de 2024. Este catálogo se comparará con la ocurrencia de sismos lentos reportados en la región de Guerrero, con el objetivo de analizar la correlación entre la actividad de los tremores y los múltiples eventos de deslizamiento lento. Este trabajo contribuirá a una mejor comprensión de la interacción entre estos fenómenos y su impacto en la evaluación de riesgos sísmicos en la zona de subducción de México.

Sesión regular

VULCANOLOGÍA

Organizadores

Martha Gabriela Gómez-Vasconcelos
Denis Avellán

VUL-1

DECADAL MONITORING OF THE OUTGASSING ACTIVITY OF VULCANO ISLAND, AEOLIAN ARCHIPELAGO, ITALY - STRONG CHANGES IN THE DEGASSING ACTIVITY WAS INFERRED BY SOIL CO₂ AND PLUME SO₂ MEASUREMENTS

Inguaggiato Salvatore¹, Vita Fabio¹, Schiavo Benedetto², Inguaggiato Claudio³ y Mazot Agnes⁴¹ Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, INGV-Italia² Instituto de Geofísica, UNAM³ Departamento de Geología, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE⁴ GNS Science Wairakei Research Centre, 114 Karetoto Road, Wairakei, Private bag 2000, Taupo, New Zealand
salvatore.inguaggiato@ingv.it

The Active cone of La Fossa caldera is a close conduit volcano affected by solphataric activity, manifested in the hot fluids released from fumaroles and the associated thermal anomalies in groundwater and exposed ground. The evaluation of the volcanic activity changes are inferred by the near real-time monitoring of soil CO₂ fluxes diffused at the La Fossa Cone and the peripheral areas of Palizzi and Levante Bay and by the discontinuous monitoring of CO₂ fluxes diffused by soil in areas around the CO₂ continuous monitoring stations, La Fossa Cone, Palizzi and Levante Bay. Moreover, the SO₂ plume degassing was monitored utilizing the UV- scanning DOAS network installed on the island in the framework of European NOVAC project. In particular, the four main changes in degassing activity recorded in 2009, 2021, 2022, and ongoing 2024, allowed us to evaluate in near real-time the level and duration of the exhaling crisis affecting the Island of Vulcano, by measuring the changes in mass and energy carried by the released fluids. The strong and sharp deep input of volatiles released, in the last decades, from the underlying magma batch strongly modified the chemical composition of the shallow plumbing system, leading the system to an increase in the level of CO₂ and SO₂ over time.

VUL-2

VOLCANO-TECTONIC SIGNALS AT THE VULCANO ISLAND IN SOUTHERN ITALY RECORDED BY A DENSE NODAL ARRAY

Granados Chavarria Iván¹, Di Luccio Francesca¹, Calò Marco², Castellano Corrado¹, Cucci Luigi¹, Famiani Daniela¹, Gattuso Alessandro¹, Lupi Matteo³, Magnoni Federica¹, Marchetti Alessandro¹, Palano Mimmo¹, Ricci Tullio¹, Scaltitro Antonio¹, Scognamiglio Laura¹, Tramelli Anna¹, Ursino Andrea¹ y Ventura Guido¹

¹ INGV, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia² UNAM³ University of Geneva

ivan.granadoschavarria@ingv.it

The Vulcano island, the southernmost of the Aeolian volcanic archipelago (southern Tyrrhenian Sea, Italy), has presented several unrest periods, the last in 2021, which have increased the volcanic hazard significantly. To improve the detection and characterization of these phenomena, and to better estimate the influence area and duration along the region, a dense and continuous set of measurements of related geophysical parameters is crucial. As part of the CAVEAT project, a dense array of 120 wireless seismic nodes were deployed on three islands of the Aeolian volcanic archipelago, 40 of which were put in the Vulcano island to detect and locate the shallow weak seismicity related to both volcanic and tectonic activity, to constrain the crustal structure through regional and local tomographies, and to characterize the source mechanisms in this region. Even though volcano-tectonic and non-volcanic tremors has been identified along this entire area thanks to the permanent seismic network and temporal dense arrays at different years, in the Vulcano island, another type of seismic signals at frequencies larger than 10 Hz were observed in some specific areas (mainly around the La Fossa Caldera), which could be related to gas emissions, temperature anomalies and vapor output fumaroles. Here we present the on-going analysis of the continuous records at Vulcano at the nodal and permanent broad-band stations to better understand the relationship between the magmatic degassing and seismic signals. This study is supported by the collaboration INGV – University of Geneva – UNAM, as part of the INGV Pianeta Dinamico project 2023-2025 CAVEAT “Central-southern Aeolian islands: Volcanism and tEAring in the Tyrrhenian subduction system” (grant no. CUP D53J19000170001) supported by the Italian Ministry of University and Research “Fondo finalizzato al rilancio degli

investimenti delle amministrazioni centrali dello Stato e allo sviluppo del Paese”, legge 145/2018.

VUL-3

VARIACIONES EN LA DINÁMICA DEL ACOPLAMIENTO DEL LAGO CRATÉRICO DEL VOLCÁN CHICHÓN CON EL SISTEMA HIDROTHERMAL SUBYACENTE

Armienta Hernández María Aurora¹, Gómez-Vázquez Ángel¹, Ramos Hernández Silvia³ y De la Cruz-Reyna Servando¹

¹ Instituto de Geofísica, UNAM² Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED³ Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

victoria@geofisica.unam.mx

El intenso episodio eruptivo del volcán Chichón, ocurrido entre el 28 de marzo y el 4 de abril de 1982, destruyó el domo que cubría un antiguo cráter y formó uno nuevo de cerca de 1 km de diámetro y más de 200 m de profundidad. Pocas semanas después se reportó la formación de tres lagos pequeños llenando cráteres de explosión anidados en el fondo del cráter principal. Para noviembre de 1982, esos lagos crecieron convergiendo en un solo lago de aproximadamente 0.14 km² de área cuya composición, acidez y temperatura indicaron una fuerte interacción con el sistema hidrotermal subyacente (p. ej. Casadevall et al., 1984; Taran et al., 1998; Armienta et al., 2000, 2014; Rouwet et al 2008). Desde entonces y hasta la fecha se ha llevado a cabo un monitoreo discontinuo, pero persistente de diversos parámetros, entre ellos la evolución de la hidrogeoquímica y las cambiantes dimensiones del lago cratérico. Un análisis reciente muestra que el grado de interacción entre el lago y el sistema hidrotermal subyacente cambió en un periodo alrededor del año 2002. Esto se evidencia en la correlación entre el área del lago y dos indicadores geoquímicos, Cl- y B. Entre 1983 y ese año la correlación muestra un régimen distinto al que se inicia en 2002 y persiste hasta la fecha. Buscando posibles causas de ese cambio, se analizó la sismicidad cercana (en un radio de 12 km) al volcán durante el periodo 1990-2006 y se encontró que en esos 16 años solamente se detectó un sismo M 4.0, ocurrido el 9 de octubre de 2002, a 12 km al NE del cráter. Proponemos que ese evento modificó el grado de interacción entre el lago y el sistema hidrotermal al alterar el estado de esfuerzos y desplazamientos en las fracturas Chichón-Catedral con rumbo NO-SE, y la falla San Juan, con rumbo E-O, que se cruzan en el edificio volcánico del Chichón, y que han mostrado un persistente desplazamiento asísmico (fluencia) del orden de 1 cm/año, al menos durante el periodo de monitoreo geodésico por distanciometría laser realizado en el periodo de 2007 a 2021.

VUL-4

LOS SISTEMAS DE PLOMERÍA DE LOS VOLCANES POPOCATÉPETL E IZTACCIHUATL, OBTENIDOS MEDIANTE ANÁLISIS DE GRAVEDAD

Álvarez Román¹ y Camacho Miguel²

¹ Universidad Nacional Autónoma de México² UNAM

roman.alvarez@iimas.unam.mx

Los volcanes Popocatepetl (PO) e Iztaccihuatl (IZ) están localizados en la parte sur de la Sierra Nevada, en el Eje Volcánico Trans-mexicano, como resultado de una migración de la actividad volcánica hacia la trinchera. PO (5426 m) es probablemente el volcán más activo de México con efusiones que varían desde flujos piroclásticos, actividad fumarólica, crecimiento y destrucción de domos, lahares, hasta flujos de lava. IZ se considera durmiente pero no apagado. La exploración se basa en mapear las regiones de menor densidad dentro de ambos volcanes; para ello recurrimos a datos gravimétricos derivados de mediciones satelitales combinadas con datos terrestres, de los cuales obtenemos la anomalía de Bouguer. Mediante una inversión 3D convertimos la anomalía de Bouguer (mGal) en una distribución de densidades (g/cm³) que tiene la propiedad de reproducir el campo de gravedad observado con una precisión que uno mismo determina (p.ej., 5% de la desviación estándar). De esta distribución de densidades extraemos secciones verticales para el análisis detallado con diferentes resoluciones y profundidades entre 8 y 12 km. La inversión de mayor resolución muestra dos cámaras magmáticas bajo el IZ (5230 m) en la dirección N-S, que interpretamos como una migración de la actividad hacia el S. La cámara más al S aparece alimentada verticalmente por otra cámara más

profunda mientras que la del N aparece alimentada, o conectada con la del S horizontalmente, en su parte media. La cámara correspondiente al PO no está alimentada verticalmente sino a 21° de la vertical, acentuando la migración de la actividad hacia el S. El mínimo de la cámara magmática del PO está localizado a +1.8 km snm. La chimenea actual del PO se desvía de la vertical, lo que asociamos con el colapso del volcán ancestral llamado Ventorrillo (VE). Estas observaciones confirman que la actividad volcánica en la Sierra Nevada ha migrado hacia el S a través de una región estrecha incluyendo la zona del PO y el IZ, desde que la actividad se inició hace 1.8 Ma en el volcán Tlaloc. Una región de alta densidad que rodea al VE bloquea la chimenea ancestral, desviando la actividad hacia el E. La chimenea actual del PO disminuye drásticamente su diámetro a 3 km snm, propiciando su eventual oclusión, lo que puede dar origen a un nuevo incidente explosivo. Estos resultados concuerdan con otros obtenidos por medio de métodos sísmicos y de geobarometría efectuados por otros grupos.

VUL-5

EL IMPACTO DE LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA EN EL CIERRE Y LA DISRUPCIÓN DE LOS AEROPUERTOS A NIVEL MUNDIAL

Lerner Geoffrey¹, Jenkins Susanna¹, Hayes Josh², Joffrain Mathis³, Williams George⁴, Lira-Beltrán R. Marcela⁵, Wardman John⁶ y Tupper Andrew⁷

¹Earth Observatory of Singapore, Nanyang Technological University

²GNS Science

³AXA

⁴MSCI

⁵Departamento de Física, Facultad de Ciencias, UNAM

⁶Maximum Information

⁷Natural Hazards Consulting Australia

geoffrey.lerner@ntu.edu.sg

La caída de ceniza volcánica ha demostrado ser un peligro importante que puede llegar a causar perturbaciones en las redes de infraestructuras, como las carreteras, los sistemas eléctricos y la aviación. Mientras que los impactos de la ceniza volcánica aerotransportada sobre los aviones y las redes de aviación han sido objeto de algunos estudios, el impacto de la ceniza acumulada sobre el terreno y su relación con el cierre y la interrupción de las operaciones aeroportuarias ha recibido comparativamente menos atención. En este trabajo, se actualizó una base de datos mundial de cierre de operaciones en aeropuertos relacionados con erupciones volcánicas y se recopiló un conjunto de datos de 40 sucesos ocurridos desde 1980 en los que una cantidad medida de ceniza provocó un cierre de las operaciones en un aeropuerto. El espesor de las cenizas que provocaron el cierre osciló entre <1 y 500 mm, mientras que la duración del cierre de operaciones osciló entre horas y semanas, con dos ejemplos de clausura de operaciones permanente. Estos datos se utilizaron para crear curvas de fragilidad que representan la relación entre la cantidad de ceniza acumulada en el suelo durante una erupción y la probabilidad de diferentes duraciones de cierre del aeropuerto. Las funciones de fragilidad se completaron con otras características cualitativas y cuantitativas de estos sucesos (tamaño del aeropuerto y de la pista, condiciones meteorológicas, equipos y personal disponibles para las operaciones de limpieza, duración de la erupción, etc.) para seguir evaluando esta relación. Los avances en este tema proporcionarán información útil para la planificación y mitigación de los numerosos aeropuertos de todo el mundo que se han visto y pueden verse afectados por la caída de ceniza volcánica.

VUL-6

THE 6.4 KA PHREATOMAGMATIC ERUPTION OF COLLI DOME, LA PRIMAVERA CALDERA, MEXICO

Sourisseau Delphine Roselyne Nathalie¹, Arce José Luis¹ y Macías José Luis²

¹Instituto de Geología, UNAM

²Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM

d.sourisseau@geologia.unam.mx

La Primavera is a Quaternary volcanic field located in the occidental part of the Trans-Mexican-Volcanic-Belt. La Primavera was active between 143.5 ka and the present. After the formation of the caldera ~95 ka ago, several domes and stratovolcanoes were emplaced either, on the rim, inside, and outside the caldera. This activity was accompanied by an intense explosive activity that deposited fifteen pyroclastic deposits (named units GP and A to N) between 86.4 and 25.6 ka. Recently, we identified a new and young pyroclastic unit, named "O" produced by a phreatomagmatic eruption, described less than 1 km north of the Colli dome in the northwestern outskirts of the densely populated metropolitan area of Guadalajara (5 million 268 inhabitants, INEGI 2020). The deposits of unit O are dominated by wet and dry dilute and dense pyroclastic density currents (PDC) that rest on a paleosol dated at 6,400 +/- 30 years BP using the AMS 14C method. Detailed stratigraphic descriptions coupled with grain size, componentry, and whole-rock geochemistry revealed that unit O is the youngest pyroclastic eruption of La Primavera. The distribution of the deposits, the length and orientation of the pyroclastic dunes, and impact sags near the Colli dome suggest this volcanic structure as the vent-source of this phreatomagmatic eruption. The general abundance of dilute and dense PDCs, accretionary lapilli, and soft deformation of the wet dilute PDCs suggest that magma-water interaction took place during the eruption. The proximal stratigraphic record of the O phreatomagmatic eruption is divided into five phases: (Am), an

initial phreatomagmatic phase caused by the interaction between rising magma and groundwater that formed a phreatomagmatic eruptive column; (Bm), generation of an unsteady column that partially collapsed with simultaneous phreatomagmatic explosions; (Cm and Dm), collapse of the eruptive column with simultaneous phreatomagmatic explosions; and (Em), a closing phase with the generation of a phreatomagmatic eruptive column.

VUL-7

ESTRATIGRAFÍA Y DINÁMICA ERUPTIVA DE LA SECUENCIA PIROCLÁSTICA TEFRÁ AMARANTO OCURRIDA HACE 1.4 MA – UNA ERUPCIÓN PLINIANA ATÍPICA DENTRO DEL CAMPO VOLCÁNICO MICHOACÁN–GUANAJUATO

Gómez-Arango Johana Andrea¹, Avellán Denis-Ramón², Gómez-Vasconcelos Martha Gabriela³, Macías José Luis², Sánchez Juan Manuel⁴ y Cisneros-Máximo Guillermo²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM Campus Morelia

²Instituto de Geofísica, UNAM campus Morelia

³Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

⁴Instituto Politécnico Nacional, IPN

johanagomezarango@gmail.com

La tefra Amaranto es una erupción Pliniana conformada por una secuencia piroclástica de al menos tres capas de caída de pómez ocurrida hace 1.4 Ma en la porción centro-oriental del campo volcánico Michoacán-Guanajuato. La erupción Pliniana se encuentra ampliamente distribuida en la región norte-noroeste de la ciudad de Morelia, por lo que es considerada como un excelente marcador estratigráfico regional. Las tres capas de tefra presentan una típica característica de erupciones Plinianas, debido al peculiar desarrollo de estructura de gradación homogénea principalmente constituida por fragmentos de pómez (entre 79 y 84 vol.%), una gran variedad de fragmentos líticos volcánicos accidentales y cristales sueltos. El análisis de vesicularidad en los fragmentos de pómez muestran valores promedios entre 71 y 79% y densidad entre 0.6 y 0.8 g/cm³. La petrografía y análisis químico de roca total en las pómez sugieren una paragénesis mineral de plagioclasa, anfíbol y óxidos de Fe-Ti con un 0.3 a 1.1 vol.% de fenocristales y una composición riódacítica con un contenido en SiO₂ de 69.19 - 71.25% en peso. El análisis de morfología de partículas en los fragmentos de pómez manifiesta la presencia de grietas, texturas esponjosas y en bloque. Los mapas de isopacas e isopleas construidos a partir del levantamiento estratigráfico indican que los tres depósitos tienen un eje de dispersión hacia el este y sureste desde su fuente. Llegando a cubrir un área entre 824 y 831 km² dentro de la isopaca de 100 cm con un volumen total estimado entre 5.3 y 6.7 km³ (roca densa equivalente, 2.1-2.7 km³). Presentando alturas de columna que variaban entre 21 y 26 km con velocidades de vientos desde 30 m/s a más, tasas de emisión del orden de 6.27 x 10⁷ hasta 1.47 x 10⁸ kg/s y duración de la actividad eruptiva entre 12.7 a 19.7 horas. La relación estratigráfica, y los mapas de isopacas e isopleas señalan que estas capas de tefra corresponde a una sola erupción que ocurrió en la parte oriental de la cuenca de Zacapu localizada a 39 km al noroeste de la ciudad de Morelia.

VUL-8

CÁLCULO DE LA EXTENSIÓN CORTICAL ACOMODADA POR MAGMATISMO Y TECTONISMO EN LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO

Gómez Vasconcelos Martha Gabriela¹, Ávila Olivera Jorge Alejandro² y Avellán Denis Ramón³

¹CONAHCYT-Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

²Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

³CONAHCYT-Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM

gaBygomez@yahoo.com

En las zonas de rift continental, la corteza se extiende a través de procesos magmáticos y tectónicos. Determinar la proporción de extensión acomodada por cada proceso supone un gran desafío; el magmatismo tiende a predominar en puntos calientes y límites de placas divergentes, mientras que el tectonismo domina en arcos volcánicos continentales jóvenes. La cuenca tectónica del Lago de Cuitzeo, en la porción central del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano, representa una zona de rift continental activo conformada por un graben y un semi-graben. Aquí, la extensión cortical a largo plazo es de 3 mm/año y es acomodada tanto por tectonismo como por magmatismo. El tectonismo está representado por fallas E-W a ENE normales activas originadas hace 8 Ma pertenecientes al Sistema de Fallas Morelia-Acambay con tasas de desplazamiento promedio de 0.02 mm/año. El magmatismo en la región ha estado presente desde el Mioceno hasta el Holoceno y se manifiesta por medio de vulcanismo explosivo y efusivo. La frecuencia de la actividad volcánica, el espesor promedio de las intrusiones magmáticas (1 m) y su volumen emitido nos permiten calcular el aporte del magmatismo a la extensión cortical. Nuestros resultados indican que, en la cuenca del Lago de Cuitzeo, el 57% de la extensión total corresponde a extensión tectónica y el 40% a extensión magmática, de la cual el 16% está asociada a erupciones volcánicas y el 83% a intrusiones magmáticas arrestadas. Estos resultados confirman que nos encontramos en una cuenca relativamente madura, donde son frecuentes las interacciones entre fallas y con el sistema magmático.

VUL-9

CARACTERIZACIÓN VULCANOTECTÓNICA DE DIQUES ALIMENTADORES DE CONOS DE ESCORIA EN EL VALLE DE SANTIAGO, NE DEL CAMPO VOLCÁNICO MICHOACÁN-GUANAJUATO

Cruz Cruz Karla Gabriela¹, Gómez-Vasconcelos Martha Gabriela²,
Avellán López Denis-Ramón³ y Cisneros-Máximo Guillermo⁴

¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

²CONAHCYT-Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

³CONAHCYT-Instituto de Geofísica, UNAM Campus Morelia

⁴Instituto de Geofísica, UNAM campus Morelia

2251318b@umich.mx

Los conos de escoria representan las estructuras volcánicas más comunes sobre la superficie de la Tierra, conforman principalmente campos volcánicos monogenéticos. Las erupciones de estos volcanes son alimentadas por conductos tabulares discordantes que se conocen como diques. Estudios vulcanotectónicos de diques alimentadores a nivel mundial indican que la mayoría de ellos se emplazan a través de fracturas orientadas de forma perpendicular al esfuerzo principal mínimo. El estudio de diques proporciona información sobre la roca huésped, la dirección del flujo, los procesos de enfriamiento, la sobrepresión y desgasificación del magma cerca de la superficie. El Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (CVMG) ubicado en la porción central de la Faja Volcánica Trans-Mexicana, alberga más de 1,200 centros eruptivos donde cerca del 90% corresponde a conos de escoria. Además, un número importante de estructuras tectónicas con dirección E-W, NE-SW, NW-SE y N-S actúan en la región, las más antiguas desde hace 30 Ma. El CVMG representa un excelente escenario para el estudio de diques alimentadores. La explotación de material volcánico en los conos de escoria expone el interior del volcán, y en varios casos se exhiben los diques alimentadores de la erupción. Este trabajo caracteriza los diques alimentadores de cinco conos de escoria en el Valle de Santiago, porción noreste del CVMG. Estos volcanes presentan una distribución N-S, influenciada por la falla Tzitzio-Valle de Santiago, la cual permitió el aporte de magmas alcalinos del manto profundo. Estos volcanes de composición básica a intermedia fueron alimentados por enjambres de diques que formaron su propia fractura extensiva para emplazarse, sin embargo, en otros casos aprovecharon fallas y fracturas preexistentes. En el área de estudio existe un control estructural en la distribución, morfología y volumen de los volcanes.

VUL-10

VULCANISMO MONOGENÉTICO DE LA REGIÓN DE CHUCÁNDIRO, MICHOACÁN

Reyes Bautista Jamila Krystel¹, Gómez Vasconcelos Martha Gabriela², Avellán Denis Ramón³ y Maciel Rivera Addí Emanuel¹

¹Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro, ITST

²CONAHCYT-Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

³CONAHCYT-Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM

jamilakrystelreyesbautista@gmail.com

Chucándiro está situado al oeste del Lago de Cuitzeo, en el norte del Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato; zona caracterizada por más de 1,200 estructuras monogenéticas, y que forma parte del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano. El vulcanismo monogenético en Chucándiro abarca aproximadamente 48 km² y se compone de diez unidades volcánicas que datan del Plioceno al Holoceno, además, la región está influenciada por el Sistema de Fallas Morelia-Acambay (orientado ENE-WSW) y el sistema "Cuencas y Sierras" (orientado N-S). Cinco de estas unidades, localizadas en el graben "Las Arenas" al centro de la región, estudiadas por primera vez, presentan diversas morfologías, tienen volúmenes que varían entre 0.01 km³ y 0.46 km³, y sus composiciones son predominantemente de andesita basáltica con plagioclasa y piroxeno como minerales principales. Comparten texturas similares, como lo son traquítica y pilotaxítica, y muestran altos niveles de vesicularidad dependiendo del tipo de erupción. Se observa extensión regional en dirección NNW-SSE, la cual ha facilitado la formación y el emplazamiento de estos volcanes a lo largo de un eje ENE-WSW. Diversos indicios sugirieron un posible control estructural significativo en la distribución espacial, temporal, el volumen y la morfología de las unidades volcánicas en la región.

VUL-11

COLADA DE LAVA QUELITÁN, ¿PARTE DEL CAMPO VOLCÁNICO DE MASCOTA, JALISCO?

Zamora Camacho Araceli¹, Espíndola Juan Manuel²,
Salgado Martínez Hafid³ y Salgado Bahena Miguel Ángel³

¹Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Universidad de Guadalajara

zaraceli@yahoo.com.mx

A 23 km al noreste de Puerto Vallarta, se localiza una colada de lava con probable sitio de emergencia al noreste. Dada su proximidad (~25km) al campo volcánico de San Sebastián, que es parte del campo volcánico de Mascota (CVM) según Ownby et al. (2008), es conveniente dilucidar si es parte de dicho campo volcánico, en cuyo

caso el CVM debe extenderse hasta las coordenadas de esta colada. Se elaboraron láminas delgadas de esta colada y su análisis muestra que es andesita basáltica, emitida en bloques; dado que en sus orillas se encuentra material fragmentado la emisión de la colada debió ocurrir con cierto grado de explosividad. Otras láminas delgadas muestran vesículas con relleno de clorita, epidota y en menor cantidad calcita estas muestras se clasificaron preliminarmente como tobas cristalinas. La colada tiene una extensión de unos 4km de largo, un ancho que va de 800m a 1200m y un espesor promedio sobre la superficie de 25m. El centro de emisión de esta colada de lava se encuentra muy probablemente en su extremo noreste, aunque es necesario llevar a cabo mayores estudios de campo para verificar esta aseveración y observar detalles relacionados con el proceso de emisión de la colada. Estos son resultados preliminares de un estudio más amplio sobre el vulcanismo en la región que incluirá análisis de datos geofísicos para entender la estructura interna del área y su relación con el CVM. Ref. Ownby, S. E. Lange, R. A. & Hall, C. M. (2008). Journal of Volcanology and Geothermal Research, 177(4), 1077-1091. Doi:10.1016/j.jvolgeores.2008.08

VUL-12

GEOLOGÍA ACTUALIZADA DEL SUR-PONIENTE DE LA CIUDAD DE MÉXICO (CDMX) Y LA OCURRENCIA DE MICROSISMOS

Arce José Luis¹, Vasquez-Serrano Alberto¹, Macías José Luis²,
Rangel Elizabeth², Sosa-Ceballos Giovanni², Arango Galván Claudia²,
Chávez René², Ramírez Serrato Nelly Lucero² y Ruiz-Aguilar Diego³

¹Instituto de Geología, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³División de Ciencias de la Tierra, CICESE

jlarce@geologia.unam.mx

La CDMX es una de las urbes más pobladas del mundo, está rodeada por sierras volcánicas: La Sierra de las Cruces al oeste, Sierra Nevada al este, Sierra Chichinautzin al sur y Sierra de Pachuca al norte. La geología superficial de la parte sur-occidental de la CDMX está dominada por rocas volcánicas y volcánoclasticas del volcán San Miguel (que forma parte de Sierra de las Cruces) y en menor medida por rocas de la Sierra Chichinautzin. La parte alta del volcán San Miguel está conformada por lavas porfíricas de composición andesítica y dacítica (2.3 a 1.3 Ma; Mora-Alvarez et al., 1991; Mejía et al., 2005). Nuevas descripciones, edades radiométricas y análisis petrográficos y geoquímicos, sugieren que el Cerro del Judío fechado en 2.0 Ma, pertenece a la Sierra de las Cruces. Así mismo, la zona de lomeríos (de menor pendiente) está constituida por secuencias piroclásticas y epiclásticas (flujos piroclásticos de pómez, flujos de bloques y cenizas, depósitos de caída de pómez y depósitos de lahar) con edades de 1.4 a 0.8 Ma. Así mismo, se reconoció un depósito de avalancha de escombros en la parte oriental del volcán San Miguel, en el área de Los Dínamos. Es muy probable que las secuencias piroclásticas/epiclásticas se extiendan más allá de la zona de lomeríos dentro del antiguo lago. Sin embargo, éstas han sido cubiertas por los sedimentos lacustres en la zona de planicie. Esta actualización geológica en esta área, es indispensable por la ocurrencia reciente de sismos de pequeña magnitud ubicados en la región de transición entre la zona de lomeríos y la planicie lacustre. La estratigrafía más superficial (<5 m) de esta región densamente poblada ha sido fuertemente modificada por actividad antrópica. Sin embargo, con base en pozos perforados por SACMEX, se puede afirmar que los primeros metros están conformados por sedimentos lacustres. A su vez, los sedimentos lacustres descansan sobre la secuencia de piroclastos y lahares de la Sierra de las Cruces, con edades de #0.9 Ma. Es muy probable que secuencias similares (piroclásticas/epiclásticas) de edades más antiguas se extiendan a mayor profundidad, hasta la zona de los hipocentros de los microsismos (1-3 km), tal como lo sugiere la estratigrafía de pozos profundos (Arce et al., 2019). Adicionalmente, se aprecian lineamientos morfológicos con orientaciones preferenciales NE-SW y ~E-W en esta región sur-poniente de la CDMX. Estos lineamientos se asocian con fallas con cinemática oblicua y normal que forman escarpes prominentes en la zona de Los Dínamos. Las fallas NE-SW y ~E-W cortan a lavas del volcán San Miguel y a depósitos piroclásticos/epiclásticos de la zona de lomeríos. Es probable que estas fallas tengan una continuidad hacia la planicie lacustre y sean las responsables del desplazamiento de las rocas a 2-3 km de profundidad que generan los microsismos.

VUL-13

ANATOMÍA DEL DERRAME DE LAVA DEL XITLE BAJO CIUDAD UNIVERSITARIA (CDMX, UNAM) POR MEDIO DE SÍSMICA PASIVA USANDO UN ARREGLO DENSO DE NODOS SÍSMICOS

Caló Marco¹, Granados Chavarría Iván², Pita Carlos³, Iglesias
Mendoza Arturo³, Aguirre González Jorge¹ y Centeno Félix²

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Instituto Nacional de Geofísica y Vulcanología de Italia

³GEOTEM

calo@geofisica.unam.mx

El volcán Xitle se ubica en el límite sur del valle de México, en la porción septentrional del campo monogenético Chichinautzin. La actividad de este volcán se desarrolló hace 2000 años en por los menos 7 eventos eruptivos, cuyos depósitos basálticos cubrieron una superficie de 16 km², con un volumen estimado de más de 1.4 km³. Hoy en día, el Campus Universitario de la UNAM en Ciudad de México se

encuentra en una fracción de este derrame de lava, cubriendo una extensión de más de 7 km². En el marco de una colaboración entre el Instituto de Geofísica, el Instituto de Ingeniería, el Servicio Sismológico Nacional y la empresa GEOTEM, el pasado 29 de septiembre de 2023 se instalaron más de 140 nodos sísmicos dentro del campus universitario, donde se registraron los movimientos del suelo simultáneamente por alrededor de 7 horas. En este trabajo se presentarán las primeras imágenes tomográficas obtenidas con los registros continuos usando el método de correlación cruzada de ruido sísmico ambiental. Debido a la gran cantidad de datos a procesar, se implementó un flujo de trabajo semi-automático, empleando también técnicas de machine learning, que permite procesar y analizar rápidamente grandes bases de datos, manteniendo un control de calidad por parte del operador durante todas las etapas. Las imágenes obtenidas están permitiendo observar algunas estructuras asociadas con el derrame de lava, rasgos paleo-topográficos pre-eruptivos y las capas sedimentarias someras.

VUL-14

VULCANISMO PLEISTOCÉNICO EN LA PARTE OCCIDENTAL DEL ESTADO DE NAYARIT, OCCIDENTE DEL CVTM: GEOMORFOLOGÍA Y ASPECTOS FÍSICOS

Cisneros M. Guillermo¹, Carlón A. Teodoro², Sánchez N. Juan Manuel³, Macías Vázquez José Luis⁴, García T. Felipe¹, Miggins Daniel^{5,6}, Saucedo G. Ricardo⁶ y Sosa Ceballos Giovanni⁴

¹Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

²Investigadoras e Investigadores por México CONAHCYT, Instituto de Geofísica, UNAM Campus Morelia

³Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo, IPN

⁴Instituto de Geofísica, UNAM

⁵40Ar/39Ar Geochronology Laboratory, Oregon State University

⁶Instituto de Geología, UASLP

geo_cis_max@hotmail.com

El extremo occidental del Cinturón Volcánico Mexicano en la costa sur del Estado de Nayarit ha sido muy poco estudiado. Existen varias formas volcánicas de tipo monogenético emplazados entre Ixtapa de Concepción y Aguamilpa. Mediante imágenes satelitales, topografía digital y trabajo de campo se han identificado 13 estructuras volcánicas entre los que destacan un volcán en escudo, dos maeres, cinco conos de escoria y cinco lavas fisulares. Estas rocas están expuestas sobre granodioritas y rocas volcánicas Cretácicas y andesitas y tobas riolíticas del Cretácico superior-Paleoceno de acuerdo a la cartografía del Servicio Geológico Mexicano. Nuestros resultados preliminares indican que estas estructuras volcánicas tienen volúmenes totales estimados que varían desde 0.01 (lava fisural) hasta 2 km³ (volcán en escudo). Las rocas que componen estas estructuras volcánicas tienen asociaciones mineralógicas que van preferencialmente de andesitas basálticas (plag + px ± óxidos de Fe-Ti; plag + px ± ol ± óxidos de Fe-Ti), a basaltos (opx + ol ± cpx ± óxidos de Fe-Ti) y en menor cantidad andesitas (plag ± piroxeno ± óxidos de Fe-Ti). Un primer fechamiento de uno de los volcanes más occidentales, llamado “Ceboruco” arroja una edad cercana a 1 millón de años con el método de 40Ar/39Ar. Es muy probable que el resto del vulcanismo en la zona tenga edades cercanas del Pleistoceno inferior (2.5-0.7 Ma).

VUL-15

ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN GEOLÓGICA DEL CAMPO VOLCÁNICO DE SAN QUINTÍN, BAJA CALIFORNIA

Macías José Luis¹, Alcalá-Reygosa Jesús², Avellán Denis³, Cisneros Guillermo⁴, Carlón Teodoro³, González Mario⁵, Sánchez-Núñez Juan Manuel⁶, García-Tenorio Felipe¹, Miggins Daniel⁷, Ruiz Diego⁸, Saucedo Ricardo⁶ y Sosa-Ceballos Giovanni¹

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Universidad Autónoma de Madrid, España

³Investigador por México CONAHCYT, Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

⁴Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

⁵División de Ciencias de la Tierra, Geofísica Aplicada, CICESE

⁶CIEMAD, IPN

⁷Geochronology Laboratory, Oregon State University, EUA

⁸Instituto de Geología, UASLP

jlmacias@igeofisica.unam.mx

El campo volcánico de San Quintín, ubicado en la parte occidental del Estado de Baja California, está compuesto por 11 complejos volcánicos, incluida la Isla de San Martín. Este campo ha sido estudiado con fines petrológicos y geocronológicos en la década de los 80 y 90's. De estos se determinó de manera general la evolución espacio temporal del vulcanismo con el apoyo de fechamientos de 40Ar/39Ar y 3He), con edades que varían entre 22 y 165 mil años, aunque con la duda de la ocurrencia de vulcanismo del Holoceno. Con este dilema nos propusimos realizar nuevos estudios para avanzar en la evolución espacio temporal del vulcanismo de cada complejo volcánico y el entendimiento de la evolución de los sistemas de alimentación magmática. Con este fin, llevamos a cabo trabajo de campo en la zona y realizamos un mapa geológico preliminar con el apoyo de imágenes satelitales, seguido de análisis de laboratorio y fechamientos de 14C y 40Ar/39Ar. En la porción norte del campo los complejos volcánicos de Media Luna, Callado, Monte San Quintín, Riverol, Kenton, 771, Woodford, Basu y Ceniza, cuyas edades varían de 90 a 165 de acuerdo con los estudios previos están emplazados sobre cinco capas de arenas costeras que forman una terraza cercana a 55 m de altura levantada por encima del nivel actual del mar. En la base del escarpe aflora una lava basáltica con xenolitos mantélicos que arrojó una edad de #180 mil años. La cubren al menos cinco capas de arenas costeras, algunas separadas por capas con material orgánico

y varias con restos de macrofósiles marinos. La edad más antigua en la base de esta secuencia es cercana a los #43 mil años. La ubicación de estas terrazas indica que la porción norte del CVSQ ha sido levantada probablemente por procesos tectónicos. En cambio, en la porción sur los volcanes Sudoeste, Pescador y Picacho Vizcaino se encuentran emplazados algunos metros por encima del nivel del mar y representan los volcanes más jóvenes (22 ± 5 ka y 27 ± 5 ka; Williams, 1995) mientras que el volcán Mazo se encuentra parcialmente hundido y en algunas partes entorno a su cima hay lentes de sedimentos marinos con restos fósiles que atestiguan su hundimiento a pesar de estar fechado en 31 ± 4 ka; Williams, 1995). Estas tres edades fueron obtenidas con el método de 3He que arroja edades mínimas de exposición de las rocas. Otro aspecto muy interesante del campo es la ocurrencia del colapso o rafting de muchos de los edificios volcánicos el cual está asociado a lineamientos o fallas en la zona que no están expuestas en superficie. Por ejemplo, estos eventos ocurrieron por rafting en el complejo Media Luna y por colapso en el Callado.

VUL-16

LA FORMACIÓN COMONDÚ: USO, ABUSO, EN LA NOMENCLATURA E IMPLICACIONES ESTRATIGRÁFICAS DE LA REGIÓN

Pérez-Venzor José Antonio¹, Hernández Serrano Naomi Guadalupe¹, Aranda Gómez José Jorge², Cerca-Martínez Luis Mariano¹, Ocampo-Díaz YamZul Ernesto³, Chávez-Cabello Gabriel⁴, Ramírez-Peña César Francisco⁴ y Dávila-Harris Pablo⁵

¹Universidad Autónoma de Baja California Sur

²Centro de Geociencias, UNAM

³Facultad de Ingeniería, UASLP

⁴Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

⁵Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, División de Geociencias Aplicadas

japerez@uabcs.mx

RESUMEN Los afloramiento de las rocas volcánicas de la Sierra La Giganta se extienden a lo largo del borde oriental del estado de Baja California Sur y forman la mayor parte de provincia geológica Faja Volcánica de la Giganta de Ortega y colaboradores (1992). En esa provincia se han documentado tres series de rocas: calcoalcalina, alcalina y toleítica, relacionadas cada una de ellas con distintos aspectos de la evolución geológica regional. En la Sierra La Giganta es posible distinguir alternancia gruesas de sucesiones volcánicas (piroclásticas y derrames de lava) y de rocas volcaniclasticas, que en algunas regiones alcanzan más de 1000 de espesor. Debido a la tectónica y erosión que afectó a toda la región de la Sierra La Giganta, en distintas regiones están expuestos diferentes niveles estratigráficos, estructurales y de emplazamiento. Esto confunde fácilmente, dificulta la correlación y la ubicación de la posición estratigráfica observadas en secciones locales, separadas entre sí. En el contexto anterior, el término Formación Comondú, acuñado en 1922 por Heim, para referirse a unos depósitos volcanosedimentarios expuestos en las cercanías del pueblo de San Jose de Comondú. Ese término fue aplicado en investigaciones posteriores para referirse a cualquier unidad volcánica o volcaniclastica expuesta en la Faja Volcánica La Giganta. Con el tiempo, el término Formación Comondú, comenzó a ser difícil de aplicar por la diversidad de litologías que conforman la Sierra La Giganta y el término fue remplazado, paulatinamente e informalmente, por el de Grupo Comondú. Debido a lo anterior, en cada investigación que es realizada en la región son propuestos términos nuevos en la nomenclatura, pero sin apego al código de nomenclatura estratigráfica y sin considerar los trabajos básicos de cartografía geológica, solo usando dataciones isotópicas para ubicar en un contexto temporal a las unidades nuevas. Sin embargo, a pesar que las litologías suelen ser similares, la posición estratigráfica de ellas puede variar de un lugar a otro. Una aproximación a la solución del problema es una buena cartografía geológica en lugares estratégicos y control estratigráfico a través de la descripción cuidadosa de columnas estratigráficas ubicadas adecuadamente. Todo esto acompañado de la recopilación y análisis de los trabajos y nomenclatura utilizada hasta la fecha, para tratar de homologarla y encontrar equivalencias, acompañado de una recomendación para que los trabajos futuros se apeguen al código de nomenclatura estratigráfica y consideren trabajos previos de cartografía básica. Lo anterior ayudará a entender este sistema geológico complejo compuesto principalmente por rocas volcánicas y sucesiones estratigráficas acumuladas en ambientes continental y transicional. El uso del término “Formación Comondú” debe conservarse en la acepción original que le dió Heim. Este trabajo forma parte de un proyecto grupal patrocinado por PAPIIT CLAVE IG101523

VUL-17

EDAD Y SIGNIFICADO DE UNA DISCORDANCIA ANGULAR ADENTRO DEL GRUPO COMONDÚ, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Aranda Gómez José Jorge¹, Cerca-Martínez Luis Mariano¹, Pérez-Venzor José Antonio², Chávez-Cabello Gabriel³, Ramírez-Peña César Francisco³, Dávila-Harris Pablo⁴ y Ocampo-Díaz Yam Zul⁵

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Departamento de Ciencias de la Tierra, UABCS

³Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

⁴Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, División de Geociencias Aplicadas

⁵Facultad de Ingeniería, UASLP

jja@geociencias.unam.mx

Parte del borde oriental de la península de Baja California, entre el paralelo 28°N y La Paz está cubierta por rocas volcánicas y volcanoclásticas del Neógeno, pertenecientes al Grupo Comondú (Hausback, SEPM39, 1984). Esta sucesión, en general, no está plegada y se inclina suavemente al poniente. Una excepción notable son afloramientos de la base del Grupo Comondú expuestos en capas de San Juan de la Costa. Ahí hay deformación intensa y compleja que incluye pliegues y fallas inversas en las rocas que subyacen a la toba San Juan (K-Ar, san, 17.6±0.1 Ma, Hausback, 1984). Esa deformación ha sido atribuida a: 1) deslizamiento gravitacional de bloques gigantes, contemporáneo a la acumulación de la sucesión o a 2) deformación por carga, debido a un desbalance gravitacional significativo, causado por grandes cuerpos de brecha andesítica que se acumularon sobre arena, causando deformación de sedimento suave a gran escala (Hausback, 1984). Nosotros interpretamos que esto también causó licuefacción, removilización e inyección forzada de arena y tobas sin soldar en capas con litologías más competentes que se pegaron. Recientemente, Bonini y colaboradores (Tectonophysics, v.719-720) documentaron varios pliegues y cabalgaduras en el Grupo Comondú entre la Sierra Tarabillas y el Arroyo Sauzoso, al sur de San Juan de la Costa (#70 km). Ellos concluyeron que las cabalgaduras y pliegues son producto de acortamiento tectónico acaecido antes del depósito de la toba San Juan. Por ese motivo propusieron que la base de esa toba es una discordancia angular de carácter regional y que el acortamiento tectónico sucedió entre 19.4 (edad Ar-Ar de la toba San Juan) y 21.2 Ma (edad de la roca más joven deformada). En nuestro trabajo al sur de San Juan de la Costa, hemos notamos que invariablemente debajo de la base de la toba San Juan hay un depósito epiclástico-volcánico sin deformar y que en algunos sitios existen afloramientos de una ignimbrita félsica sin soldar que yace sobre las rocas deformadas. Así mismo encontramos afloramientos en donde es posible “tocar” la discordancia angular y que ésta está cubierta por una sucesión volcano-sedimentaria basculada, pero no plegada. La sucesión post-deformación es una alternancia de areniscas conglomeráticas y conglomerados de composición andesítica y capas de toba o arenisca tobácea de composición félsica. En uno de los sitios colectamos muestras de la ignimbrita félsica más cercana y sobre la discordancia angular y una toba félsica retrabajada inmediatamente debajo de la discordancia. Sus circones fueron fechados con U-Pb, obteniendo un bracket muy cerrado para la edad de la discordancia entre 21.6±0.4 y 21.4±0.6 Ma. Para nosotros, la relación entre la sucesión deformada y la tracción generada por grandes cuerpos de brecha andesítica, emplazados por una o más avalanchas de derrubios volcánicos y/o lahares es en parte la clave para entender la deformación. Esto, claramente, no excluye la posibilidad de deslizamientos gravitacionales o el acortamiento tectónico para explicar las estructuras de decenas o centenas de metros previamente documentadas. PAPIITIG101523

VUL-18

MECANISMOS DE EMPLAZAMIENTO DE SILLS A PARTIR DEL ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES PETROFÍSICAS EN RINGVENT, GOLFO DE CALIFORNIA

Fuentes Bustillos Karina¹, Negrete Aranda Raquel², Contreras Pérez Juan², Neumann Florian³, Stock Joann⁴ y Herguera Juan Carlos⁵

¹División de Ciencias de la Tierra, CICESE

²Departamento de Geología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

³Sección 4.8 geología, Centro Alemán de Investigación de Geociencias, GFZ

⁴Laboratorio de Sismología, Instituto de Tecnología de California, Caltech

⁵Departamento de Ecología Marina, CICESE

karina.fbustillos@gmail.com

La Cuenca Guaymas en el Golfo de California, es un centro de dispersión oceánico joven caracterizado por la expansión activa del suelo marino, la rápida deposición de sedimentos provenientes de los márgenes continentales, y la formación de corteza oceánica mediante intrusiones magmáticas en secuencias sedimentarias (sills) en diferentes etapas de enfriamiento. Ringvent es un sill en forma de plato, de 800 m de diámetro, emplazado a 150 m debajo del suelo marino, que alberga un arreglo circular de ventilas hidrotermales activas, incrustado en una sucesión estratificada de lodos de diatomeas depositados sobre arcillas de lutita, y que exhibe anomalías térmicas de alto gradiente, flujo de fluidos, escape de gas metano y desarrollo de diversas comunidades microbianas. Se cree que Ringvent se encuentra en transición de hidrotermalismo impulsado por intrusión magmática a un enfriamiento dominado por el flujo de fluidos, lo que permite evaluar los procesos termomecánicos involucrados en el emplazamiento de estas estructuras en ambientes de rift, prácticamente en tiempo real. Durante la Expedición 385 del IODP, Ringvent fue

ampliamente perforado y registrado para investigar las propiedades físicas en la zona de contacto entre el sill y la roca huésped. Las propiedades medidas incluyen densidad, porosidad, emisiones de rayos gamma, conductividad térmica, temperatura, resistencia al corte y velocidad de onda p. Los conjuntos de datos en bruto fueron organizados, filtrados y graficados para identificar patrones en el comportamiento del sedimento en relación con la profundidad y en contacto con el sill, con el objetivo de dilucidar los mecanismos involucrados en su emplazamiento. Identificamos tendencias predominantes en las propiedades físicas del sedimento independientemente de las intrusiones. Nuestro estudio revela patrones claros de aumento de la resistencia al corte, densidad y conductividad térmica con la profundidad, influenciados por procesos de compactación y diagénesis. Estas tendencias se ven interrumpidas por cambios litológicos desde lodos de diatomeas hasta arcillas de lutita y la transición a ópalo recristalizado (ópalo CT) alrededor del borde del sill. Los lodos de diatomeas se deforman plásticamente ante el esfuerzo, mientras que la arcilla de lutita se comporta como un material elástico frágil. Además, el campo de esfuerzo de los lodos es anormalmente alto para sedimentos hemipelágicos. Por el contrario, la arcilla de lutita se comporta como un material elástico frágil que se rompe bruscamente una vez que alcanza su punto de quiebre. El sill fluyó lateralmente en la transición de un comportamiento elástico frágil a uno elástico-plástico, lo que sugiere que el emplazamiento es controlado por factores reológicos, y fue facilitado por la inusual resistencia y comportamiento de los lodos de diatomeas, que permitieron que los sedimentos fluyeran alrededor del campo de esfuerzo de la intrusión, impidiendo un mayor ascenso del magma. Observaciones similares se encontraron en distintos pozos que hicieron contacto con sills perforados en la Cuenca de Guaymas durante la expedición del IODP.

VUL-19 CARTEL

FLUJO DIFUSO DE CO₂ Y TEMPERATURA DEL SUELO EN LA ZONA TERMAL ANÓMALA DE LA FALLA PESCADORES, SIERRA CUCAPAH, BAJA CALIFORNIA

Barea Ivan¹, Inguaggiato Claudio², Mazot Agnes³, Peiffer Loic², Fletcher John² y Tassi Franco⁴

¹División de Ciencias de la Tierra, CICESE

²Departamento de Geología, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

³GNS Science Wairakei Research Centre, Wairakei, 114 Karetoto Road, Taupo Private Bag 2000, Taupo 3352, New Zealand

⁴Dipartimento Scienze della Terra Università di Firenze, Firenze, Italy

barea@cicese.edu.mx

Luego del sismo “El Mayor-Cucapah” ocurrido en abril del 2010 en la Sierra Cucapah, Baja California, se reportó la aparición de una fumarola próxima a la falla normal dextral Pescadores (Rosales et al., 2012; Fletcher et al., 2014). Se realizaron las mediciones, 58 en el año 2023 y 116 en el 2024, del flujo de CO₂ difuso desde el suelo por el método de la cámara de acúmulo y de temperatura del suelo mediante un termómetro de sonda. En las zonas alto flujo, se realizó el muestreo de gases desde la cámara de acúmulo para determinar el Delta13CCO₂. El output total del flujo difuso desde el suelo fue calculado para ambas campañas mediante el método de Simulación Gaussiana Secuencial (SGS) y se aplicó un cálculo para ajustar la diferencia de área entre las campanas y comparar el output (Inguaggiato et al., 2022). En el año 2023 los valores del flujo de CO₂ varían desde 0.8 hasta 204.8 g/m²/día y la temperatura del suelo entre 23.3 hasta 99.3 °C. Para el 2024, el flujo de CO₂ osciló entre 0.21 hasta 204.16 g/m²/día y la temperatura desde 21.5 hasta 99.1 °C. El output total en el 2023 fue de 0.102 T/día y en el 2024 de 0.057 T/día. La zona de mayor desgasificación se alinea con orientación NE-SW, que puede estar relacionada con una zona de fractura/mayor permeabilidad del suelo. Los valores del Delta13CCO₂ de las muestras de gases tomadas desde la cámara de acúmulo, presentan una firma geoquímica que indican un posible aporte de CO₂ desde una fuente magmática.

VUL-20 CARTEL

ESTUDIO GEOLÓGICO Y VULCANOTECTÓNICO DEL CLÚSTER MATUGEO, PORCIÓN CENTRAL DEL CAMPO VOLCÁNICO MICHOACÁN-GUANAJUATO

Sánchez Garibay Blanca Estrella¹, Gómez Vasconcelos Martha Gabriela² y Avellán López Denis Ramón³

¹Maestría en Geociencias y Planificación del Territorio, INICIT, UMSNH

²CONAHCYT-Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

³CONAHCYT, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM

2348322a@umich.mx

Los clústers volcánicos monogenéticos representan un peligro volcánico importante debido a la concentración de volcanes en un área restringida y a su posible actividad recurrente. Sin embargo, son escasos los estudios que se han hecho de clústers volcánicos en el país y en el CVMG, siendo éste el campo volcánico más extenso e importante de México, ya que ha tenido actividad en los últimos 10,000 años, por lo que no se conocen las condiciones de su formación, su recurrencia, ni su implicación para el peligro volcánico. El clúster volcánico Matugeo se encuentra al norte del Lago de Pátzcuaro, dentro del CVMG en el sector central de la Faja Volcánica Trans-Mexicana, específicamente al oeste del Complejo Volcánico Tzirate. Presentamos un nuevo mapa geológico de la región que incluye 10 unidades volcánicas monogenéticas con 7 puntos de emisión alineados en dirección E-W, lo que sugiere que están emplazadas a lo largo de una falla normal regional que podría estar controlando su distribución espacial. Este trabajo estudia la geología,

petrografía, geoquímica y la evolución volcánica del clúster volcánico Matugeo y evalúa el control estructural en la distribución espacio-temporal, morfología, y volumen de las estructuras volcánicas albergadas en el clúster, además de estudiar a detalle y valorar el peligro volcánico, así como el posible riesgo para las comunidades, ya que el clúster se localiza en un área donde están viviendo alrededor de 40,000 personas en distintos poblados.

VUL-21 CARTEL

LOS LAGOS VOLCÁNICOS SETE CIUDADES Y FURNAS, ISLA SAN MIGUEL, AZORES

Armienta M. Aurora¹, Vilaclara Gloria², Silva Aguilera Raúl A.³, De la Cruz Reyna Servando¹, Neri Omar¹, Cruz Olivia¹ y Aguayo Alejandra¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Grupo de Limnología Tropical, División de Investigación y Posgrado, FES Iztacala, UNAM

³Programa de Doctorado, Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

victoria@geofisica.unam.mx

Los lagos volcánicos pueden considerarse “ventanas” que facilitan la comprensión de los procesos en los sistemas magmáticos-hidrotermales que los subyacen. Entre los factores más importantes que definen su composición química, además del sustrato geológico en el que se encuentran y las condiciones del vulcanismo, el clima es un factor fundamental. Las Azores son islas de origen volcánico y San Miguel -la más grande y de mayor actividad eruptiva de las nueve islas que conforman el archipiélago- posee diversos lagos alojados en cráteres y calderas volcánicas. Esta isla se encuentra en el extremo SE del archipiélago y tiene un clima cálido (subtropical) húmedo que le ha otorgado el sobrenombre de “isla verde”, al grado que el bioma natural de las pocas zonas inalteradas por el hombre es la selva tipo laurisilva; el clima (tipo Csb en el sistema Koeppen-Geiger) favorece asimismo la permanencia de estos lagos ubicados en estructuras volcánicas. A principios de septiembre de 2023 se muestreó la columna de agua de dos de los lagos volcánicos más grandes, ambos ubicados en calderas de estratovolcanes: Sete Cidades (SC, 37.865°N, 25.785°W, específicamente el lago azul, con última actividad eruptiva en 1880) y Furnas (F, 37.77°N, 25.32°W, cuya última erupción ocurrió en 1630); para los lagos se reporta actividad hidrotermal en sus inmediaciones (SC, F) e incluso en las orillas del lago (F). Se analizó la composición iónica mayor, conductividad, pH y elementos traza con el fin de detectar señales de la actividad volcánica-hidrotermal. Los resultados corroboran la baja mineralización de los dos lagos (K25 μ S/cm, SC 104 y F 153; reserva alcalina como bicarbonatos en mg/L, 32 SC, 67 F; pH, 6.9 SC, 7.2 F). La dominancia iónica para ambos fue HCO₃⁻ > Cl⁻ > SO₄²⁻, Na⁺ > K⁺ > Ca²⁺ > Mg²⁺. Las bajas concentraciones y la dominancia de los iones apuntan a un equilibrio con el agua meteórica e influencia del aerosol marino (esta última para cloruros, sodio y potasio); tampoco la actividad hidrotermal ha dejado señales en los elementos traza (F -: 0.62 mg/L en F y 0.42mg/L en SC; las demás concentraciones de varios metales y metaloides analizados fueron inferiores al límite de detección o cercanos al mismo). Cuando se compara la composición iónica mayor con otros lagos de origen volcánico (Armienta et al. 2008 y datos más recientes de lagos en los volcanes Chichón -activo en zona húmeda-, Nevado de Toluca -dormido con aporte de lluvias- y Alchichica -inactivo en zona árida-), SC y F se ubican en el cuadrante de lagos sin influencia de actividad volcánica ni hidrotermal. Al parecer, dicha influencia queda ampliamente sobrepasada por el intercambio con la atmósfera en una zona donde la precipitación excede la evapotranspiración, además de una ligera desviación iónica producto del aerosol marino que no se observa en lagos de zonas muy húmedas en ubicación más continental.

VUL-22 CARTEL

ANÁLISIS DEL CAMPO FUMARÓLICO DEL VOLCÁN TACANÁ: EXPLORANDO LA RELACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN DE LOS GASES Y LA ALTITUD DE LAS FUMAROLAS

Zare Ali y Campion Robin

Universidad Autónoma de la Ciudad de México, UACM

zare@igeofisica.unam.mx

Introducción El Tacaná es un gran estratovolcán ubicado en el extremo noroeste del arco volcánico centroamericano, con un sistema volcánico-hidrotermal activo que cuenta con dos campos fumarólicos en sus flancos noroeste y suroeste, alimentados por la ebullición de un acuífero relativamente superficial: Ochenta Seis: que durante nuestra visita en marzo de 2023 estaba completamente frío según las imágenes de la cámara térmica (18 °C). San Antonio: que es el principal campo fumarólico de este volcán y estaba muy activo durante la visita en esa fecha. Metodología La temperatura de las diferentes fumarolas fue medida con una cámara térmica Guide del PS Series. La composición de las gases (relaciones H₂O/H₂S, H₂O/CO₂, CO₂/H₂S) en el campo fue medida con un analizador portátil Multigas (Shinohara, 2005). Resultados Según los datos obtenidos del analizador Multigas en Tacaná, con el aumento de altitud (del fumarol seis al fumarol uno), las relaciones H₂O/H₂S y CO₂/H₂S disminuyen. Por lo tanto, en este volcán, el aumento de altitud también se correlaciona con un incremento en la cantidad de gas H₂S. Aunque la diferencia de altitud entre la fumarola más alta y la más baja es de solo unos cientos de metros, el hecho de que los gases de mayor altitud deben recorrer una distancia mayor desde el acuífero en ebullición, provoca una mayor participación de los gases en reacciones químicas en los sistemas hidrotermales, como la desproporción (hidrólisis), resultando en mayor producción de H₂S. imágenes de la cámara térmica

también muestra que la temperatura máxima registrada en las fumarolas del Tacaná es de aproximadamente 90 grados, y esta disminuye a 76 grados en las fumarolas de menor altitud. Por lo tanto, la temperatura aumenta con la altitud. Además, la temperatura de ebullición del agua en el Tacaná es de aproximadamente 89.7 grados, y la comparación de H₂O/CO₂ en las fumarolas de mayor y menor altitud también confirma esta interpretación. Las fumarolas de Tacaná se dividen en dos grupos según la relación CO₂/H₂S: fumarolas de gran altitud (CO₂/H₂S: 38-54) y fumarolas de baja altitud (CO₂/H₂S: 102-165).

VUL-23 CARTEL

EVALUACIÓN PROBABILÍSTICA DE ESCENARIOS ERUPTIVOS DEL VOLCÁN CHICHÓN, CHIAPAS

Capra Lucia¹, Vázquez Omar², Alatorre Miguel Angel³, Macías José Luis⁴ y Cisneros Guillermo⁵

¹Instituto de Geociencias, UNAM

²Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geociencias, UNAM

³Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático, UNICACH

⁴Instituto de Geofísica, UNAM

⁵Unidad del Instituto de Geofísica, UNAM, Morelia

lcapra@geociencias.unam.mx

La vulcanología ha avanzado de manera importante en el entendimiento de los procesos que controlan la modalidad eruptiva y el tipo de productos asociados. Sin embargo, cada año, la actividad volcánica sigue cobrando vidas y provocando daños ingentes a la infraestructura, esto debido a la incertidumbre que todavía se tiene en la definición de las zonas de posible afectación. El volcán Chichón se hizo conocido en todo el mundo después de su erupción catastrófica ocurrida en el 1982, provocando la muerte de 2.000 personas aproximadamente. El actual mapa de peligros del volcán se realizó en el 2013 y con un enfoque determinístico, basado únicamente en el escenario eruptivo de la erupción del 1982. En el presente proyecto se quiere aplicar, por primera vez en un volcán de México, un análisis probabilístico en la definición de los diferentes escenarios eruptivos, considerando el registro de las erupciones ocurridas en el volcán a lo largo de los últimos 10,000 años. Esta metodología, al variar los parámetros de entrada en rangos probables, explora el efecto de modificar variables clave, pero inciertas. El resultado es la definición de las zonas de posible afectación por una erupción volcánica, basada en un muestreo estadístico/estocástico de las variables eruptivas, para una definición más certera de las zonas de posible afectación.

Sesión especial

LIMNOLOGÍA FÍSICA

Organizadores

Tzitzili Gasca Ortiz
Diego Armando Pantoja González
Jorge Manuel Montes Aréchiga
María del Refugio Barba

SE01-1

ESTIMACIÓN DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL AGUA EN LAGOS DEL CENTRO OCCIDENTE DE MÉXICO

Pantoja Diego Armando y Gasca Ortiz Tzitzili
Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara
diego.pantoja@academicos.udg.mx

Disponer de información atmosférica basada en satélites o reanálisis por la falta de estaciones meteorológicas automáticas es fundamental cuando dichas estaciones son escasas. Los forzamientos atmosféricos tanto del reanálisis NARR como del modelo basado en satélites NSRDB, se compararon estadísticamente, y luego se utilizaron para forzar dos modelos: (i) una ecuación de balance de calor simple y (ii) el modelo numérico Delft3D, para estimar la temperatura superficial del agua algunos lagos.

SE01-2

HEAT FLUXES THROUGH THE SURFACE IN THE CRATER LAKE OF ISLA ISABEL, NAYARIT

Palacios Emilio¹, Filonov Anatoliy¹, Ávalos-Cueva David¹, Ávila-Soria Diego¹, Carrillo Laura² y Palacios Hernández Paola Yanet¹
¹Universidad de Guadalajara
²ECOSUR
emilio6x111@gmail.com

Simultaneous direct measurements of meteorological and hydrographic observations were made from March 23, 2011, to February 16, 2012, in Crater Lake Isla Isabel Nayarit, Mex. Employ a one-dimensional vertical mixing model to calculate the heat fluxes across the surface and adequately describe the vertical temperature and density profile. The results showed typical hydrographic behavior of hypersaline lakes, and the model adequately described the vertical profiles.

SE01-3

MODELACIÓN HIDRODINÁMICA Y DE RÉGIMEN DE TEMPERATURA DEL LAGO ALCHICHICA EN PUEBLA

Estaco Estévez Edgar Stefano, Barba López María del Refugio y Filonov Anatoliy
Universidad de Guadalajara
edgstefano@gmail.com

El estudio se enfoca en la modelación hidrodinámica y del régimen de temperatura del Lago Alchichica, utilizando la herramienta de modelación numérica Delft3D-FLOW. Este cuerpo de agua, ubicado en Puebla, México, es un lago cráter volcánico salino alcalino de especial interés debido a su biodiversidad única, incluyendo cinco especies microendémicas, algunas de las cuales están amenazadas o bajo protección especial. La hidrodinámica y el régimen de temperatura del lago son factores clave que influyen en la distribución y supervivencia de estas especies. La hidrodinámica del lago determina la disponibilidad de nutrientes, la concentración de oxígeno y la dispersión de organismos, mientras que el régimen de temperatura afecta el metabolismo y la reproducción de las especies. Estos procesos están influenciados por factores climáticos como la radiación solar, la precipitación y los vientos. Para la configuración del modelo, se emplearon datos atmosféricos y se calibró y validó a partir de mediciones de perfiles de temperatura del lago tomados en el pasado reciente. En el proceso de calibración se evaluó el comportamiento de cuatro variables: la Viscosidad Turbulenta Horizontal, la Difusividad Turbulenta Horizontal, la Viscosidad Turbulenta Vertical y la Difusividad Turbulenta Vertical. Como resultado, se obtuvo la caracterización del comportamiento de las corrientes y del régimen de temperatura en el lago para el invierno y el verano, además de valores calibrados de los coeficientes de turbulencia y viscosidad.

SE01-4

CÁLCULO Y COMPARACIÓN DE ALGUNOS ÍNDICES DE ESTABILIDAD EN DOS LAGOS DE ALTA MONTAÑA TROPICALES

Barba López María del Refugio, Filonov Anatoliy y Velázquez Muñoz Federico Ángel
Universidad de Guadalajara
marybarba90312@gmail.com

Los lagos "El Sol" y "La Luna" están situados en el cráter del volcán Nevado de Toluca, en México. Este estudio se llevó a cabo con el objetivo de analizar la dinámica térmica y de ambos cuerpos de agua a lo largo de un año completo. Se realizaron mediciones continuas de temperatura en múltiples profundidades para cada lago, así como registros de las variables atmosféricas en el área circundante, para capturar las variaciones estacionales y diurnas que podrían influir en los perfiles térmicos de los lagos. El estudio incluyó la aplicación de métodos específicos para identificar y caracterizar los ciclos de estratificación y mezcla en ambos lagos. Se emplearon índices de estabilidad térmica para evaluar la estratificación térmica, determinando la profundidad y estabilidad de la termoclina en la columna de agua de cada lago. Estos índices proporcionan una medida cuantitativa de la resistencia a la mezcla vertical, permitiendo una comparación detallada entre los dos cuerpos de agua. Además, se analizaron los patrones temporales de la estratificación y mezcla en función de las variaciones estacionales y las condiciones atmosféricas. La comparación de los resultados entre ambos lagos reveló diferencias significativas en sus dinámicas térmicas, proporcionando información valiosa sobre cómo las características físicas y ambientales específicas de cada lago influyen en su comportamiento térmico. Este análisis no solo contribuye a una mejor comprensión de la ecología y dinámica de los lagos en ambientes volcánicos, sino que también ofrece perspectivas sobre cómo estos sistemas acuáticos responden a cambios ambientales y estacionales, con implicaciones para la gestión y conservación de estos cuerpos de agua únicos.

SE01-5

ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS LAGOS URBANOS DE CHAPULTEPEC (CDMX) UTILIZANDO PERCEPCIÓN REMOTA HIPERESPECTRAL Y UN VEHÍCULO AEREO NO TRIPULADO (VANT)

Aguirre Gómez Raúl
Universidad Nacional Autónoma de México
raguirre@igg.unam.mx

Este trabajo es un estudio comparativo entre los muestreos espacio-temporales de alta frecuencia realizados en el mes de enero de los años 2015 y 2024 en los tres lagos someros y eutróficos de Chapultepec (primera y segunda secciones). Estos lagos son propensos a experimentar floraciones importantes de cianobacterias. En ambas fechas se realizaron mediciones espectroradiométricas con el sensor hiperespectral GER-1500 y vuelos con VANT (Phantom-X-DJI). El análisis derivativo de la firma espectral mostró picos representativos de reflectancia y absorción. La mayoría de los sitios de muestreo tienen una respuesta espectral similar en ambos años. El pico de reflectancia muestra la presencia de clorofila a, a los 540 nm, en promedio (verde). El pico de absorción se observó a 619 nm (rojo) característico de la cianobacteria *Mycrocystis aeruginosa*. De acuerdo con el análisis taxonómico, esta alga fue el grupo dominante en los cuerpos de agua. El análisis con imágenes de VANT muestra variaciones importantes en la distribución espacial y abundancia de esta alga en los distintos años estudiados.

SE01-6

DISPERSIÓN DE MATERIAL SUSPENDIDO EN EL LAGO DE CHAPALA MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES Y MODELACIÓN NUMÉRICA

Pérez Hernández María Fernanda¹, Gasca Ortiz Tzitzili¹ y Pantoja Diego Armando²

¹ Universidad de Guadalajara

² Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara
maria.perez4672@alumnos.udg.mx

El Lago de Chapala es el lago más grande de México y una de las fuentes principales de abastecimiento de la Zona Metropolitana de Guadalajara. Estudios de los últimos años han revelado que este lago se ha visto expuesto a diferentes fuentes de contaminación, lo que provoca la presencia de contaminantes en el lago y afloramientos algales que pueden ser nocivos para la salud humana. Debido a la importancia del monitoreo constante del Lago de Chapala, en este trabajo se estudió la dispersión de material suspendido atribuida a contaminantes y afloramientos algales mediante imágenes satelitales y modelación numérica. En particular, se estudiaron las imágenes correspondientes a un posible afloramiento algal comprendido entre los meses de enero y febrero de 2022. Se propone el uso de datos satelitales de Sentinel-2 como alternativa a las mediciones in situ para el monitoreo del Lago de Chapala debido a que presentan mayor resolución espacio-temporal y menor costo computacional y observacional. Con la información satelital obtenida, se utilizaron índices radiométricos basados en las firmas espectrales de vegetación y agua para la identificación de los materiales suspendidos observados. Simultáneamente, se simuló la dispersión de material suspendido con el modelo Delft3D, donde se identifican los parámetros físicos que permiten la dispersión observada en las imágenes satelitales para llevar a cabo una comparación de lo satelital con los resultados numéricos. Estas simulaciones suponen una base para trabajos futuros, que buscan contribuir con información relevante para la toma de decisiones sobre el monitoreo de calidad del agua en el lago, el seguimiento de las descargas que se llevan a cabo o el posible posicionamiento de plantas tratadoras de aguas residuales a futuro.

SE01-7

IMÁGENES LANDSAT, CLASIFICACIÓN MEDIANTE SPECTRAL ANGLE MAPPER Y EL USO DE DATOS HISTÓRICOS PARA LA TELEDETECCIÓN DE LA TURBIDEZ DEL AGUA EN EL LAGO DE CHAPALA, MÉXICO

Díaz Torres José de Jesús, Rodríguez Vallejo Ramiro, Hernández Mena Leonel, Del Real Olvera Jorge, Herrera López Enrique Jaime y Pereyra Laguna Elsa
Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, CIATEJ
jdiaz@ciatej.mx

La turbidez es una propiedad física que resulta de la dispersión y absorción de luz natural causada por el material particulado en el agua. Se produce por la presencia de material particulado en suspensión, este material regularmente está constituido por limos, arcillas, partículas finas de materia orgánica e inorgánica, compuestos orgánicos solubles, plancton u otros organismos microscópicos. La turbidez es de especial interés debido a que cambios en sus cantidades pueden inducir sustanciales alteraciones en un cuerpo de agua. La teledetección se ha convertido en una vía alternativa para describir y diagnosticar de forma cuasi-sincrónica el estado de equilibrio en el que se encuentra un elemento, proceso o fenómeno de la naturaleza. Pero además, la teledetección en conjunto con otros métodos de estudio tales como la clasificación supervisada con base en técnicas de análisis como Spectral Angle Mapper (SAM) y estadística inferencial contribuyen al proceso de predicción que eventualmente permitan la prescripción de acciones y medidas adecuadas para la gestión de los recursos naturales. En este caso, la teledetección y clasificación de imágenes satelitales Landsat y el uso de datos históricos oficiales se emplean para el estudio de la turbidez del agua en el Lago de Chapala en el contexto de la evaluación de la calidad del agua. Como resultado de la investigación basada en la respuesta espectral del agua y mediciones in situ, se encontró un patrón estacional de la turbidez que además resalta un importante gradiente horizontal que incrementa notablemente hacia el sector oriental del lago; el cual está estrechamente relacionada con el espesor diferenciado de la columna de agua y las descargas de sedimentos de los principales tributarios: el río Lerma y el arroyo La Pasión. Esta propuesta metodológica aún tiene limitaciones debido a la forma de abordar el problema de calibración, por lo que la certidumbre de su respuesta aún está sujeta a mejoras. Sin embargo, antes de que se puedan desarrollar métodos o modelos que reduzcan a su mínima expresión la incertidumbre en sus resultados, la fácil y rápida implementación de estas metodologías basada en datos satelitales representan una ventaja que subsana la falta de información que es intrínseca al mecanismo de medición directa, tanto en la cobertura espacial como en la representatividad temporal.

SE01-8

ANÁLISIS DE LAS VARIACIONES DEL ÁREA SUPERFICIAL DEL LAGO DE PÁTZCUARO

Gasca Ortiz Tzitzili y Pantoja González Diego

Universidad de Guadalajara, CUCEI

tzitzili.gasca@academicos.udg.mx

Se utilizan datos satelitales para analizar los cambios en el área superficial del lago debidas a un evento de sequía histórico, donde se presenta la fragmentación del lago por la desaparición de la isla. Los resultados muestran que el lago tiende a recuperarse de manera natural debido a cambios estacionales e interanuales, pero se muestran zonas que se han ido secando a través de los años y no se han recuperado en su totalidad, lo que puede resultar en consecuencias ecológicas graves.

SE01-9 CARTEL

MODELACIÓN HIDRODINÁMICA Y DE DISPERSIÓN DEL LAGO DE CHAPALA

Gasca Ortiz Tzitzili y Pantoja González Diego

Universidad de Guadalajara, CUCEI

tzitzili.gasca@academicos.udg.mx

En este estudio se presentan resultados numéricos de los procesos de dispersión y se comparan con imágenes satelitales. Los resultados son una herramienta para tener una mejor comprensión de la distribución de partículas en el lago, que se pueden considerar como contaminantes. Se espera que los resultados sean una contribución importante que ayude a minimizar los daños ocasionados por las descargas residuales u otros procesos antropogénicos.

Sesión especial

LAS GEOCIENCIAS EN LA SOCIEDAD: EDUCACIÓN, DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN

Organizadores

Marina Manea

Rodrigo Pérez Luján

Miguel Ángel Martínez Rodríguez

SE02-1

CIENCIAS DE LA TIERRA Y DERECHOS HUMANOS

Martínez Gómez Jesús Daniel

Instituto de Geofísica, UNAM

jesusmartinez@igeofisica.unam.mx

Jesús Daniel Martínez Gómez Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria. jesusmartinez@igeofisica.unam.mx

Resumen La Ciencia es un derecho humano, como se constata en el artículo 3° de nuestra Constitución, así como en el artículo 27 de la Declaración Universal de los Derechos Humanos, entre otros pactos, declaraciones y protocolos internacionales. De ahí que si las Ciencias de la Tierra como la geología, la geofísica, la climatología y la oceanografía, estudian nuestro planeta y los fenómenos naturales que lo configuran. La comunicación efectiva de los avances en estas áreas a la sociedad es una responsabilidad social crucial. Esta responsabilidad se entiende como el compromiso que tienen las instituciones, públicas y privadas, así como las organizaciones sociales en general para contribuir al aumento del bienestar y la seguridad de la sociedad local y global. Ofrecer a la gente información de los proyectos de investigación que se realizan en las instituciones encargadas de esas tareas, así como de los resultados que se alcanzan en determinadas áreas, es un valioso avance en la responsabilidad social institucional, así como en la lucha contra la desinformación y el analfabetismo científico que actualmente existe, específicamente en el área de las geociencias. De ahí que las entidades científicas al comunicar los resultados de sus trabajos a la ciudadanía, contribuyen de manera importante con la generación de cultura científica, y esto indudablemente trae como consecuencia un mayor bienestar social. Además de un adecuado cumplimiento con el derecho humano a la Ciencia. Es importante sensibilizar a los geocientistas para que comuniquen sus resultados a públicos amplios y de esta manera motivar la participación de la sociedad en la Ciencia, a la cual tienen derecho. Palabras Clave: Ciencias de la Tierra, Derechos Humanos, Responsabilidad Social

SE02-2

EL LIBRO MÉTODOS GRÁFICOS EN GEOLOGÍA MATERIAL DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA DE LA GEOMETRÍA DESCRIPTIVA EN LAS CARRERAS DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

Hernández-Marmolejo Yoalli¹ y Silva-Romo Gilberto²¹Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM²Facultad de Ingeniería, UNAM

yoalli@atmosfera.unam.mx

En este libro (Producto PAPIME PE113119), se presentan los métodos para calcular las relaciones angulares entre las rectas y planos mediante proyecciones geométricas; entre las cuales, destacan las diédricas y la estereográfica. El texto está inspirado en los recursos metodológicos de autores clásicos. El cálculo gráfico facilita la caracterización y clasificación de las estructuras geológicas. Los conceptos y procedimientos propuestos contribuirán al aprendizaje de las disciplinas que estudian la arquitectura y la representación de los cuerpos rocosos, por ejemplo, la Geología Estructural y la Cartografía Geológica, en las cuales la percepción volumétrica facilita resolver las relaciones espacio-temporales entre los cuerpos rocosos. Aunque el enfoque del texto aborda los aspectos geométricos de rectas y planos, también se bosqueja la obtención de información estructural y estratigráfica, se revisan las relaciones espaciales entre las superficies y líneas que representan los rasgos estructurales en Geología. Los temas se ilustran mediante dibujos isométricos que favorecen la visualización de lo propuesto.

SE02-3

ELABORACIÓN DEL E-BOOK “LAS CUENCAS SEDIMENTARIAS DE MÉXICO Y SUS RECURSOS NATURALES DEL SUBSUELO”, UN PROYECTO DEL PROGRAMA DE APOYO A LA DOCENCIA PARA INNOVAR Y MEJORAR LA EDUCACIÓN, UNAM

Arellano Javier, Vázquez Gabriel y Sánchez Leticia

Universidad Nacional Autónoma de México

arellano@unam.mx

El proceso de enseñanza-aprendizaje de las carreras de Ingeniería en Ciencias de la Tierra y de las Licenciaturas en Geociencias enfrentan una diversidad de retos y demandas, que se caracterizan por una gran complejidad, con cambios tecnológicos muy rápidos, con conflictos de valores, incertidumbre e inequidad, que hacen necesario un cambio de paradigma, que consiste en un nuevo enfoque, donde las y los profesores son capaces de ayudar propositivamente a las y los alumnos a adquirir conocimientos, pensar, sentir, actuar y potencializar sus capacidades y desarrollarse como personas y como miembros útiles a la sociedad; por esta situación, se considera relevante elaborar material didáctico sobre las cuencas sedimentarias de México y sus recursos naturales, procurando la sustentabilidad. La obra tiene un enfoque educativo constructivista que favorece el desarrollo de competencias, donde se traten de forma rigurosa los conceptos teóricos fundamentales y los aspectos prácticos que permitan a las y los estudiantes adquirir un aprendizaje significativo y vanguardista. Su implementación de estrategias didácticas permite disminuir los índices de reprobación y deserción escolar. El proyecto consiste en crear el libro digital “Las cuencas sedimentarias de México y sus recursos naturales del subsuelo”, para satisfacer la necesidad de contar con material bibliográfico digital actualizado, en español, con teoría básica, casos prácticos y cuestionarios de autoevaluación para fortalecer el aprendizaje de las asignaturas Geología del Petróleo, Geología del Subsuelo, Sedimentología, Petrología, Geología de México, Geología Histórica, Estratigrafía y Petrología Sedimentaria, donde se aborda lo referente a cuencas sedimentarias desde diferentes enfoques y múltiples aplicaciones, que constituyen parte de los temarios de las asignaturas antes indicadas pertenecientes a las carreras de Ingeniería Geológica, Geofísica, Petrolera, de Minas y Metalurgista y Geociencias. El e-book contará con temas fundamentales y casos de aplicación en cada una de las cuencas sedimentarias de México. En su elaboración, se aplican las tecnologías de la información, por lo que, además de ser de fácil acceso, será atractivo para las y los estudiantes, permitiendo mejorar e incrementar el aprendizaje significativo. La obra tendrá 40 capítulos, 7 de fundamentos teóricos y 33 de cuencas sedimentarias de México que se desarrollaron del Paleozoico al Reciente.

SE02-4

PRESENTACIÓN DEL EBOOK “TERMODINÁMICA PARA CIENCIAS DE LA TIERRA: FUNDAMENTOS Y APLICACIONES, EDITORIAL UNAM

Arellano Javier, Pérez Ana Laura, Soto Rogelio y Sánchez Leticia

Universidad Nacional Autónoma de México

arellano@unam.mx

El ser humano ha sido incesante en su pretensión de descifrar su entorno, su existencia y sus motivos para estar en este preciso punto del universo, con las peculiaridades que lo singularizan y, puesto que la materia es la manifestación más concentrada de la energía, es necesario acudir a la Termodinámica y las Ciencias de la Tierra para explicar los múltiples procesos que acaecen en nuestro Planeta y que involucran transformaciones de masa y de energía a nivel macroscópico y microscópico, como la formación de cristales, de rocas, de minerales, de metales, la existencia y comportamiento de los yacimientos petroleros y del medio ambiente, entre otros eventos que, sin duda, son fascinantes y en cuya explicación la termodinámica ha jugado un papel preponderante. La Termodinámica es una fascinante ciencia que estudia los procesos donde se llevan a cabo transformaciones

de una forma de energía a otra, así como el estudio de las propiedades físicas de las sustancias que están involucradas en dichas transformaciones energéticas; es una ciencia de enormes alcances, por lo que es difícil pensar que, en el Planeta Tierra, los procesos que ocurren en ella queden fuera de su contexto, es decir, es pilar de las Geociencias. Así, la relevancia de esta ciencia en la ingeniería y en la vida cotidiana es innegable. La obra se compone de 31 capítulos: los primeros 8 constituyen los fundamentos teóricos y los 23 restantes se refieren a casos de aplicación y temas selectos. Tiene como finalidad contribuir en: a) La formación profesional integral y de calidad de las y los estudiantes, b) Motivar a las y los estudiantes en el estudio de la Termodinámica, c) Disminuir la deserción escolar, d) Incrementar el índice de aprobación, e) Formar profesionistas responsables y autodidactas, f) Formar ingenieros que contribuyan al desarrollo del país y que favorezcan el cuidado del medio ambiente. La obra es de utilidad para estudiantes, profesores, investigadores y profesionales dedicados a las geociencias, ya que en sus unidades teóricas se desarrollan los conceptos fundamentales de la Termodinámica y en los casos de aplicación se tienen ejemplos donde interviene la termodinámica en el sistema Tierra y en los temas selectos se desarrollaron temas de investigación donde la Termodinámica desempeña un papel fundamental de gran interés para los que estudian a la Tierra y sus recursos naturales. El libro es de acceso gratuito en el repositorio de publicaciones digitales de la Facultad de Ingeniería UNAM, en la liga: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/RepoFi/18540>

SE02-5

PROYECTO: "PALEOVIRTUAL: ¡VIVIENDO EL TRABAJO DE CAMPO EN LÍNEA!"

Antón Moreno Bedmar Josep¹, Aceves Romero Jesús¹,
Torres Martínez Miguel Ángel² y Silva Acosta Alejandro²

¹Instituto de Geología, UNAM

²Instituto de Geología

josepamb@geologia.unam.mx

El trabajo de campo en paleontología, aunque esencial, enfrenta diversos desafíos, como condiciones climáticas adversas, el uso intensivo de recursos materiales y financieros, y problemas de seguridad en ciertas regiones del país. Estos factores, por sí solos, justifican la búsqueda de alternativas para adquirir el conocimiento que tradicionalmente se obtiene en el campo. Sin embargo, la suspensión de actividades presenciales debido a la contingencia sanitaria se convirtió en el detonante para desarrollar una solución flexible y accesible para enseñar técnicas y metodologías en paleontología a los estudiantes. De esta necesidad surgió el proyecto "Paleovirtual: ¡Viviendo el trabajo de campo en línea!", cuyo objetivo es ampliar la cobertura y mejorar la calidad educativa en la enseñanza de técnicas de trabajo de campo en paleontología, mediante el uso de un Ambiente Virtual de Aprendizaje (AVA) apoyado en Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC). La interfaz de este proyecto es una plataforma web que integra recursos interactivos, como videos, animaciones, modelos 3D, textos de apoyo y evaluaciones automatizadas. Esto permite a los estudiantes experimentar las diferentes etapas del trabajo de campo, desde la planificación hasta el análisis en laboratorio. Además, al ser de acceso abierto, cualquier usuario puede registrarse y acceder a los materiales, promoviendo un aprendizaje inclusivo y accesible. Este AVA es resultado de la colaboración entre el Instituto de Geología y la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Un equipo multidisciplinario de ambas instituciones ha aportado su experiencia en trabajo de campo y docencia para crear este recurso educativo. Se espera que no solo apoye materias de licenciatura como Ciencias de la Tierra, Paleobiología, Sedimentología y Estratigrafía, sino que también sirva como modelo para futuras iniciativas en otras áreas de las Ciencias de la Tierra. Para más información, se puede visitar la plataforma en el siguiente enlace: <https://paleovirtual.geologia.unam.mx/>

SE02-6

ESTUDIO DE TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA EN LAS INMEDIACIONES DE LA ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS DE LA TIERRA DENTRO DEL MARCO DE LAS PRÁCTICAS DE INGENIERÍA GEOFÍSICA Y COMO APOYO INSTITUCIONAL EN LA UNAM

García Serrano Alejandro, Ortiz Osio Manuel, Tejedo
Andrade Andres y Velázquez Sánchez Vianney
Facultad de Ingeniería, UNAM
agarcia@unam.mx

Dentro del marco de las prácticas de la carrera de ingeniería geofísica se realizaron levantamientos de Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE), en las inmediaciones de la Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra (ENCiT) en los días 03 y 05 de abril del 2024. Estos estudios consistieron en 4 líneas paralelas de 80,5 [m] de longitud y separación de 5 [m] entre ellas, cubriendo un área efectiva de 1207,5 [m²]. Se midieron 1160 puntos de atribución usando arreglos Wenner-Schlumberger y Ecuatoriales tipo Dipolo-Dipolo con separación electródica de 3.5 m. Como resultado se obtuvo la distribución de resistividad eléctrica en tres dimensiones del subsuelo de la zona estudiada. Con esto es posible inferir la distribución de la roca basáltica del sitio a partir de la caracterización geoelectrónica realizada, esto con fines geotécnicos. Estos estudios se realizaron gracias a la colaboración institucional entre la ENCiT y la Facultad de ingeniería, siendo parte de las prácticas de ambas instituciones, aportando experiencia durante la formación de los alumnos en Ciencias de la Tierra.

SE02-7

ESTUDIOS GEOFÍSICOS APLICADOS A GEOTÉCNIA DE LAS PRÁCTICAS DE CAMPO DE INGENIERÍA GEOFÍSICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, UNAM

Aguirre Díaz Juan Pablo, García Serrano Alejandro,
Ortiz Osio Manuel y Sotomayor Sandoval Sebastian
Facultad de Ingeniería, UNAM

juan.aguirre@ingenieria.unam.edu

Para brindar y mostrar a los estudiantes de la carrera de ingeniería geofísica de la UNAM un conocimiento general de las múltiples aplicaciones de los métodos geofísicos, desde la instrumentación y logística de campo, hasta la elaboración del reporte técnico, semestre a semestre el equipo de prácticas mantenemos contacto con diversas entidades académicas y gubernamentales que cuentan con diversos sitios de interés geofísico en los que se puedan llevar a cabo las prácticas de campo. Con la finalidad de realizar estudios integrales que involucren diversos objetivos geofísicos, alumnos de las materias de Prospección Gravimétrica y Magnetométrica y Prospección Eléctrica, durante el semestre 2024-2, tuvieron la oportunidad de aplicar las técnicas de tomografía de resistividad eléctrica, gravimetría y magnetometría, en los alrededores de la Presa "Constitución de 1917", en el municipio de San Juan del Río, Querétaro. En este trabajo, presentamos un panorama de las actividades que realizan nuestros estudiantes, el contexto geológico - geofísico y los resultados de la información adquirida a través de los tres métodos geofísicos empleados en la zona de estudio, a manera de promover y difundir las prácticas de campo que realizan nuestros estudiantes de Ingeniería Geofísica y la importancia que tienen estas en su formación como estudiantes en el área de Ciencias de la Tierra.

SE02-8

"GEOFÍSICA AL DESCUBIERTO" - BRANDING CIENTÍFICO: ESTRATEGIAS PARA RESALTAR LAS INVESTIGACIONES Y LA COMUNIDAD DEL INSTITUTO DE GEOFÍSICA EN LAS CIENCIAS DE LA TIERRA

Armendáriz Beltrán Catalina, Soler Arechalde Ana María y Vela Rosas Miguel Ángel

Instituto de Geofísica, UNAM

catalina.armendariz@igefisica.unam.mx

Problemática: El Instituto de Geofísica (IGEF) de la UNAM cuenta con más de 75 años de historia, durante los cuales, ha desarrollado importantes investigaciones y servicios geofísicos que contribuyen al desarrollo sostenible de nuestro país; sin embargo, dichos hallazgos no se han logrado divulgar de manera accesible para la sociedad; lo que subraya la necesidad de plantear una estrategia de branding científico que favorezca la visualización del Instituto y su comunidad científica. Objetivos: Desarrollar una propuesta de branding para incrementar la visibilidad y comprensión pública de los productos científicos del Instituto de Geofísica de la UNAM. 1.1 Crear contenidos para redes sociales con diversos niveles de complejidad, ajustados al público y a la red social correspondiente. 1.2 Difundir los contenidos de "Geofísica al descubierto" en las redes sociales del Instituto de Geofísica (Facebook, YouTube, Spotify y X) 1.3 Evaluar el impacto del proyecto "Geofísica al descubierto" de 2023 a 2024. Metodología: En mayo de 2023, se creó el proyecto de "Geofísica al descubierto", cuyo propósito es generar contenidos para la divulgación y comunicación de las Ciencias de la Tierra para redes sociales con cuatro niveles de profundidad y audiencias. El proyecto se implementó en junio de 2023 y, durante un año, se produjeron 38 unidades de contenido que incluyeron: Entrevistas (38 episodios de una hora), Geominutos (42 videos de un minuto), infografías (114, 3 por cada tema) y animaciones de Cóatl (38). Estos contenidos fueron difundidos en las redes sociales correspondientes a partir de junio de 2023. Finalmente, en junio de 2024, se llevó a cabo una evaluación del impacto para determinar si se logró un incremento en la visibilidad y comprensión pública de los productos científicos del Instituto. Conclusiones: El proyecto de "Geofísica al descubierto" facilitó una colaboración efectiva entre la Coordinación de Comunicación y la comunidad científica del Instituto, dando como resultado la creación de más de 220 contenidos y su implementación como herramientas de branding científico. El impacto en las redes sociales mostró un crecimiento significativo, con incrementos de entre 300% y 1000% en visualizaciones, seguidores, horas de visualización y alcance. Aunque estos resultados son positivos, se recomienda continuar desarrollando el proyecto para fortalecer el engagement con el público y mantener el crecimiento en la visibilidad del Instituto.

SE02-9

REFLEXIONES SOBRE LA ENSEÑANZA DE LA ECOHIDROLOGÍA COMO UNA CIENCIA INTEGRATIVA EN MÉXICO

Alvarado Barrientos María Susana¹ y Muñoz Villers Lyssette E.²

¹Instituto de Ecología, A.C. (INECOL)

²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

susana.alvarado@inecol.mx

La Ecohidrología es concebida como una ciencia integrativa que estudia la interacción mutua entre el ciclo del agua y los ecosistemas (sensu Rodríguez#Iturbe 2000). Esta integración entre la ecología funcional (una rama de las Ciencias de la Vida) y la hidrología (una rama de las Ciencias de la Tierra) ha sido impulsada desde hace dos décadas para comprender de manera más integral dos lados de una misma moneda: i) los mecanismos hidrológicos que explican patrones, procesos, función y diversidad de los ecosistemas y; ii) la influencia de los atributos y procesos ecológicos sobre la distribución, circulación y propiedades físicas y químicas del agua. Estos grandes temas son estudiados tomando como fundamento el continuo suelo-biota-atmósfera bajo la concepción de estudios integrales de la zona crítica de la Tierra, y abarcando todo tipo de coberturas superficiales del suelo y ecosistemas, así como un amplio espectro de escalas espaciales y temporales. Así mismo, la Ecohidrología ha sido impulsada por el Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO como un enfoque transdisciplinario para encontrar prácticas orientadas a la solución de problemas que enfrenta la sociedad relacionados con el agua (i.e. escasez, inundaciones, y contaminación), y así acercarnos a lograr el Objetivo de Desarrollo Sostenible sobre el Agua (Metas 6.5 y 6.6). Considerando los retos ambientales y educativos del siglo XXI, presentamos nuestras lecciones aprendidas, reflexiones, y retos desde la experiencia de crear, coordinar e impartir un curso de Ecohidrología desde 2019 en el Posgrado del Instituto de Ecología (INECOL). El temario y experiencias de este curso han servido de cimiento para la organización de otros cursos similares a nivel de posgrado (por ej. en El Colegio de la Frontera Sur y en la Universidad Autónoma de Nuevo León). Entre los retos que hemos identificado es el impacto que ha tenido la compartimentalización del conocimiento en la formación de los estudiantes a nivel de licenciatura, resultando en un limitado lenguaje y conocimiento común entre los estudiantes, ya que el conocimiento básico con que entran al posgrado depende de la disciplina en la que fueron formados. El énfasis disciplinario incluso afecta en la manera en la que nosotros como profesores concebimos las clases a impartir en un curso de una ciencia integrativa, en la manera en la que interactuamos en grupos de investigación inter, multi y transdisciplinarios, y en cómo forjamos puentes colaborativos entre profesiones con objetivos comunes. Por otro lado, nos enfrentamos a la escasez de recursos para trasladar los módulos de enseñanza a la práctica en campo, lo cual consideramos fundamental para la comprensión y estudio de los procesos ecohidrológicos. Finalmente, esperamos que nuestras experiencias y reflexiones sirvan de inspiración para la organización de programas de formación de futuros investigadores y profesionistas de las biogeociencias.

SE02-10

EDUCAIRE: UNA EXPERIENCIA DE APRENDIZAJE EN INSTRUMENTACIÓN ATMOSFÉRICA CON SENSORES METEOROLÓGICOS DE BAJO COSTO

Robles Roldan Miguel Angel, González del Castillo Eugenia, López Anton Omar, Sacristán Eduardo y Ladino Moreno Luis

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

miguel.robles@atmosfera.unam.mx

El monitoreo de variables ambientales en aire, suelo y agua es primordial en la generación de datos y conocimiento en el área de las biogeociencias. No obstante su importancia, instalar y mantener estaciones de monitoreo ambiental de cualquier tipo es costoso, tanto por el elevado precio de los equipos requeridos como por el personal especializado necesario para mantenerlos funcionando. En los últimos años, la popularización del uso de sensores y sistemas de desarrollo, de tamaño reducido y bajo costo, ha detonado su aplicación al monitoreo atmosférico, de modo que un campo laboral emergente para los egresados de licenciaturas y posgrados en el área de biogeociencias lo constituye el uso de este tipo de dispositivos en consultorías, industria y gobierno. En este trabajo describimos una experiencia educativa con alumnos de la Licenciatura en Ciencias de la Tierra de la UNAM, que ha tenido por objetivo dotarlos del conocimiento y las habilidades necesarias para desarrollar sus propios dispositivos de medición ambiental, conocer sus alcances y limitaciones, y con ello fortalecer su competitividad laboral y potenciar el monitoreo meteorológico y de la calidad del aire en México. La intervención educativa se enmarca en el enfoque STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) y ha consistido en que, durante tres semestres, los alumnos construyeron, programaron y calibraron una estación meteorológica, empleando sensores de bajo costo de temperatura, humedad relativa y presión barométrica. Los estudiantes fueron guiados en el proceso de integrar los sensores a una microcomputadora de placa única (Raspberry Pi Pico W o ESP32), programar su funcionamiento, calibrar la operación de los sensores contra instrumentos meteorológicos de referencia, construir un pequeño abrigo meteorológico para sus unidades, y finalmente hacer pruebas de operación de sus equipos. Durante la construcción y desarrollo de los dispositivos, los alumnos adquirieron habilidades básicas, teóricas y prácticas, de electrónica, soldadura con cautín, programación de objetos físicos, instrumentación

atmosférica y análisis de datos. Tales destrezas, aplicadas a las biogeociencias, potencian la capacidad de los estudiantes para adaptar tecnología, generar sus propios datos y crear conocimiento científico en ámbitos diversos donde el monitoreo ambiental es indispensable.

SE02-11

CAMBIO CLIMÁTICO: IMPLICACIONES PSICOLÓGICAS, POLÍTICAS Y SOCIALES EN EL MARCO DE LA AGENDA 2030

Sánchez-Beristain Francisco¹ y Badillo-Avilés Shendel²

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²Unicepes

sanchez@ciencias.unam.mx

El cambio climático tiene profundos efectos psicológicos, especialmente cuando se consideran factores como la latitud, altitud, migraciones climáticas y el contexto geopolítico, todo enmarcado en la Agenda 2030 de las Naciones Unidas. En latitudes altas, como el Ártico, el rápido derretimiento del hielo y los cambios en los ecosistemas generan ansiedad y estrés en las comunidades, particularmente en los pueblos indígenas. Estos cambios amenazan sus medios de vida tradicionales y su identidad cultural. La pérdida de su entorno natural no solo provoca sentimientos de impotencia y desesperación, sino que también contraviene los objetivos de la Agenda 2030, que buscan reducir las desigualdades y preservar los modos de vida tradicionales. En zonas de altitud elevada, las comunidades enfrentan riesgos psicológicos derivados del deshielo de glaciares y cambios en la disponibilidad de agua. Estos fenómenos no solo amenazan la seguridad hídrica, sino que también incrementan la vulnerabilidad a desastres naturales como avalanchas e inundaciones. La incertidumbre y el miedo constante a la pérdida de recursos vitales aumentan el estrés y la ansiedad, lo que desafía los objetivos de la Agenda 2030 en términos de gestión sostenible de recursos y construcción de resiliencia. Las migraciones climáticas, provocadas por la degradación ambiental y eventos climáticos extremos, añaden otra capa de estrés psicológico. Las personas desplazadas enfrentan la pérdida de sus hogares, la incertidumbre sobre su futuro y la adaptación a nuevas culturas y entornos, lo que puede desencadenar trastornos como la depresión y el estrés postraumático. Esto también pone a prueba las capacidades de los países para cumplir con los objetivos de la Agenda 2030, que promueve la paz, la justicia y la inclusión social. Finalmente, los factores geopolíticos, como la inestabilidad y los conflictos por recursos escasos, agravan los efectos psicológicos del cambio climático. La competencia por recursos limitados puede exacerbar las tensiones sociales, generando más ansiedad y desesperación. Este escenario complica la implementación de la Agenda 2030, especialmente en lo relacionado con la promoción de la paz y la estabilidad global. En resumen, los efectos psicológicos del cambio climático, influenciados por la latitud, altitud, migraciones climáticas y factores geopolíticos, subrayan la urgencia de una acción climática integral dentro del marco de la Agenda 2030 para proteger el bienestar mental y social a nivel global.

SE02-12

HACIA UN FUTURO HÍDRICO SOSTENIBLE: FORTALECIENDO LA VINCULACIÓN ENTRE ACADEMIA, SOCIEDAD Y GOBIERNO

Huerta Vergara Alma Rosa, Arciniega Esparza Saúl, Salinas Calleros Gabriel y Hernández Espriú José Antonio

Grupo de Hidrogeología, Facultad de Ingeniería, UNAM

alma12136@hotmail.com

Las ciudades a nivel mundial enfrentan una crisis de agua, y México no es la excepción, haciendo indispensable avanzar hacia un desarrollo sostenible. La rápida urbanización y el crecimiento poblacional han aumentado la presión sobre los recursos hídricos, intensificando la necesidad de una gestión efectiva del agua. Sin embargo, la falta de acceso a información precisa y la disponibilidad limitada de datos complican este desafío, obstaculizando la toma de decisiones informadas necesarias para un desarrollo urbano sostenible. En este contexto, se propone desarrollar una metodología para promover la gestión sostenible del agua en entornos urbanos, tomando la Ciudad de México como caso de estudio. El objetivo principal es crear una herramienta que fortalezca el vínculo entre la sociedad, la academia y las autoridades, orientando la toma de decisiones hacia una gestión hídrica más eficiente y equitativa. La metodología integra información hidrológica, hidrogeológica, datos de infraestructura y condiciones hídricas reportadas por la población. Se basa en la participación ciudadana sobre fugas, desabasto, calidad del agua y solicitudes de servicios de camiones cisterna. La herramienta desarrollada será interactiva e integrará toda la información recopilada para apoyar decisiones estratégicas en la gestión del agua. La combinación de enfoques tecnológicos, la evaluación de infraestructura y la participación ciudadana permitirá un enfoque integral que vincule la satisfacción de las necesidades de la población con decisiones políticas y económicas fundamentadas para el manejo sostenible del agua. Se espera que la implementación de esta metodología genere varias mejoras clave: una herramienta interactiva que facilite la integración y análisis de datos para decisiones más informadas; un fortalecimiento del vínculo entre la sociedad, la academia y las autoridades para abordar problemas relacionados con el agua de manera conjunta; un aumento en la participación ciudadana en la recopilación de datos y en la

supervisión de la calidad del agua; y una mayor eficiencia y equidad en la distribución del recurso hídrico.

SE02-13

PROFESIONALIZACIÓN DE LA REVISTA ENSEÑANZA Y COMUNICACIÓN DE LAS GEOCIENCIAS - UN ESPACIO PARA COMPARTIR MATERIAL EDUCATIVO Y EXPERIENCIAS DOCENTES

Gutiérrez Rodrigo¹, Alaniz-Álvarez Susana¹, Del Pilar-Martínez Alexis² y Elbjorn-Flores Ilse¹

¹Instituto de Geociencias, UNAM

²Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM

rgutierrez@geociencias.unam.mx

Desde su creación en 2022 la revista Enseñanza y Comunicación de las Geociencias (ECG) ha buscado integrarse como una revista de acceso abierto, semestral y sin costo para los autores. Se publica en el Instituto de Geociencias de la Universidad Nacional Autónoma de México y está avalada por la Comisión Internacional de Ciencias Geológicas, Comisión de Educación (IUGS-COGE, por sus siglas en inglés) y por el LAIGEO (Capítulo Latinoamericano de la IGEO (Organización Internacional de Educación en Geociencias, por sus siglas en inglés). Actualmente la revista ECG cuenta con ISSN (2992-8087) y DOI (10-22201/cgeo.29928087e), reflejando así su progresiva consolidación y profesionalización. La ECG tiene como objetivo compartir experiencias didácticas, educativas y de comunicación entre autores y docentes en Ciencias de la Tierra. Recientemente, se ha implementado la plataforma Open Journal System (OJS) que facilita el proceso editorial y se presenta una interfaz más dinámica e interactiva. Se han publicado 42 artículos divididos en 5 números semestrales. Los trabajos publicados hasta ahora están destinados para diversos niveles educativos desde preescolar hasta licenciatura y posgrado. El comité editorial de ECG invita a la comunidad docente y académica afín a las geociencias a enviar sus contribuciones, así como a consultar los manuscritos ya publicados para que se incorporen dentro de sus labores de enseñanza-aprendizaje. A través de la revista ECG se busca que exista una retroalimentación positiva entre lectores y autores en donde los manuscritos sean un medio de interacción que favorezcan a la enseñanza de las Ciencias de la Tierra en todos los niveles educativos de habla hispana.

SE02-14

LA REVISTA MEXICANA DE CIENCIAS GEOLÓGICAS: NUEVOS RETOS PARA LA EXCELENCIA EN EL SIGLO XXI

Solari Luigi Augusto¹, Orozco-Esquivel Teresa¹, Pardo-Villaveces Natalia² y Silva-Corona Jesús¹

¹Instituto de Geociencias, UNAM

²Departamento de Geociencias, Universidad de los Andes, Colombia

solari@unam.mx

La Revista Mexicana de Ciencias Geológicas (RMCG), editada por la UNAM a través del esfuerzo conjunto de los Institutos de Geociencias y Geología, la Facultad de Ingeniería, con participación de la Sociedad Geológica Mexicana, en INAGEQ y la Sociedad Mexicana de Paleontología, es una revista arbitrada de acceso libre que, desde su fundación, quiere ser el referente nacional para publicaciones científicas de alto nivel. El objetivo principal de la RMCG es publicar artículos científicos novedosos sobre temas relacionados con las ciencias de la Tierra, y en especial, aunque no exclusivamente, aquéllos enfocados en América Latina. También se publican trabajo de revisión, y se permite la propuesta, por parte de editores invitados, de sesiones temáticas especiales. En particular, los artículos de interés para los lectores de la RMCG son aquellos que presenten datos e interpretaciones novedosas, de alta calidad, actualizados y que expongan una discusión amplia y detallada a la luz del estado del arte en la temática particular; además, se invita a someter aquellos trabajos en los cuales el conocimiento geocientífico aportado impacte en otras disciplinas. El comité editorial de la RMCG ha sido modificado en los últimos meses, incluyendo nuevos editores en Jefe y un equipo actualizado de Editores Asociados, en aras de introducir ideas nuevas, mejorar los tiempos de revisión y los procesos editoriales, manteniendo la alta calidad científica que siempre ha caracterizado a la revista. De la misma manera, se está actualizando el sistema de manejo de los artículos sometidos (OJS, Open Journal System) y se está trabajando arduamente para renovar las normas editoriales. La RMCG es accesible, tanto para su consulta como para someter nuevos trabajos, en la liga <http://www.rmccg.unam.mx>

SE02-15

EXPERIENCIAS DE LA IMPARTICIÓN DE DIPLOMADOS EN CIENCIAS DE LA TIERRA EN EL ESQUEMA DE EDUCACIÓN CONTINUA Y A DISTANCIA

Medina Cabrera Arturo, Galicia García Anaíd, Barragán Manzo Ricardo y Núñez-Useche Fernando

Instituto de Geología, UNAM

arturomedina@gmail.com

La Unidad de Educación Continua y a Distancia del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UECD-IGL) tiene como objetivo actualizar a estudiantes, académicos y profesionales en temas de vanguardia que impacten los avances científicos y tecnológicos en las ciencias de la tierra. Su visión

es convertirse en un referente nacional e internacional mediante el desarrollo de una oferta educativa innovadora que sea reconocida por su calidad académica y la pertinencia social de sus aportaciones. Entre las actividades educativas que ofrece la UECD-IGL se encuentran talleres, cursos, seminarios, conferencias y diplomados. Este último tipo de actividad representa un reto significativo debido a su duración y al nivel de profundidad en los conocimientos abordados. Además, implica una gran responsabilidad ante los participantes, quienes buscan en los diplomados una oportunidad para actualizarse en su campo. En este contexto, la UECD-IGL ha asumido el desafío de ofrecer diplomados de alta calidad y relevancia, que también aprovechen las ventajas de la educación continua y a distancia, permitiendo a los participantes combinar estos estudios con sus actividades académicas o profesionales. Este trabajo analiza dos diplomados impartidos por la UECD-IGL: "Geología y metalogénesis en el Noroeste de México: fundamentos, ejemplos, minería y medio ambiente" y "Petrología". A través de este análisis, se examinarán los resultados, experiencias y mejores prácticas en la impartición de diplomados en ciencias de la tierra.

SE02-16

EXPERIENCIA DE LA IMPARTICIÓN DE LA MATERIA BÚSQUEDA DE VIDA EN MARTE PARA EL ÁREA DE CIENCIAS ESPACIALES, LOS RETOS DE UNA MATERIA MULTIDISCIPLINARIA

Molina Paola, De la Rosa José y Cruz-Castañeda Jorge A.

Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

paolam@nucleares.unam.mx

La materia "Búsqueda de Vida en Marte" es un curso teórico-práctico, que se imparte en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. El objetivo general del curso es proporcionar al alumno una visión clara y multidisciplinaria sobre la exploración espacial en Marte, con un énfasis particular en la búsqueda de vida, intentando que al finalizar el curso el estudiante cuente con las bases teóricas y experimentales necesarias para la detección de vida fuera de la Tierra en misiones espaciales futuras. La parte experimental consta de 12 prácticas, las cuales se realizan en el laboratorio de Química de Plasmas y Estudios Planetarios del Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM. Uno de los principales acontecimientos históricos en relación a la exploración espacial, y más relevante en las últimas décadas fue el lanzamiento de la misión Curiosity de la NASA en 2011, cuyo objetivo de la misión era evidenciar el potencial de habitabilidad del planeta Marte, generando áreas de oportunidad para grupos investigación multidisciplinaria que fortalecieran el desarrollo de la misión, además de abrir una oportunidad para los estudiantes con orientación en Ciencias Espaciales de integrarse a estos proyectos, por lo que el curso surge en 2016 como oferta educativa de la mano de uno de los miembros de la misión, quien fuera el Dr. Rafael Navarro-González, con la intención de preparar a las generaciones futuras en el área. En un principio, la parte teórica se desarrolló como un seminario, pero con el tiempo ha evolucionado en una serie de temas que se han afianzado, permitiendo a los alumnos que la cursan conozcan la historia sobre la exploración espacial, su desarrollo y como fue cambiando los procesos de búsqueda de vida fuera de la Tierra en las últimas décadas. Enriqueciendo su conocimiento con prácticas que emulan experimentos diseñados para la búsqueda de vida utilizados por la misión Vikingo hasta conocer las técnicas actuales utilizadas por Curiosity y Perseverance, aunado a lo anterior integramos los conocimientos de otras áreas como la geología, las ciencias del suelo, así como fundamentos de química analítica que les permitan tener un criterio propio sobre el desarrollo de una misión espacial.

SE02-17

TERRAMÓVIL: 10 AÑOS ROLANDO CON LAS CIENCIAS DE LA TIERRA

Hernández Bello María Guadalupe¹, Siebe Grabach Christina D.¹ y Lopera Gasca Ana Cecilia²

¹Instituto de Geología, UNAM

²Programa Universitario de Estudios Interdisciplinarios del Suelo, UNAM

guadalupebello0606@gmail.com

Es un programa de divulgación de Ciencias de la Tierra del Instituto de Geología de la UNAM, enfocado en que los alumnos de educación básica, media superior y el público en general, conozcan las diversas disciplinas de las Ciencias de la Tierra, a través de talleres didácticos de acuerdo a su entorno geológico, hidrológico y edafológico de la Cuenca de México. Sus principales objetivos son: enseñar las diferentes disciplinas de las Ciencias de la Tierra, su repercusión en la vida diaria y la manera de protegernos ante los desastres, despertar el interés sobre lo que juntos podemos hacer para el cuidado, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales y activar la responsabilidad local, a partir de la participación social para la toma de decisiones relacionadas con el entorno geológico. Desde hace 10 años, el Terramóvil ha tenido un crecimiento, transformación y adaptación a las condiciones de la actualidad, visitando escuelas de la Cuenca del Valle de México, realizando diferentes colaboraciones con dependencias, capacitando profesores, desarrollando material para la reproducción de los talleres, organización de charlas sobre temas de interés, desarrollo de material didáctico, siempre manteniendo la esencia del proyecto, hacer que los estudiantes conozcan el entorno en el que se desarrollan y por lo tanto logren comprender a los fenómenos que en algún momento pueden afectarlos y cómo actuar ante esta situación.

SE02-18

EVALUACIÓN DE MODELOS DE CURSOS QUE INTEGRAN PERSPECTIVAS CIENTÍFICAS Y HUMANÍSTICAS PARA EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS MULTIDISCIPLINARES EN ESTUDIANTES DE GEOCIENCIAS Y CIENCIAS NATURALES

Gutiérrez Jurado Hugo¹, Locke Sharon², Roberts Robyn³, Vongsathorn Kathleen² y Wacker Tracy⁴

¹The University of Texas at El Paso, UTEP

²Southern Illinois University Edwardsville

³Colorado State University

⁴Independent Educational Consultant

hagutierrez@utep.edu

Tradicionalmente, la educación en las ciencias en general y particularmente en las geociencias se ha centrado en instruir conocimientos técnicos y en desarrollar competencias sujetas puramente al ámbito disciplinario en cuestión. Sin embargo, a medida que el mundo enfrenta desafíos cada vez más complejos y multidimensionales, como el cambio climático y el calentamiento global y sus impactos desproporcionados en poblaciones vulnerables y de bajo nivel socioeconómico, existe un creciente reconocimiento de que los estudiantes de las geociencias necesitan una educación más integral. Por lo tanto, la instrucción en geociencias también debe dotar a los estudiantes de las herramientas para abordar problemas multidimensionales complejos en los que el factor humano es esencial. Dicha instrucción proporcionaría a los estudiantes un enfoque sistémico y multidisciplinario que considere el impacto más amplio de su trabajo en las personas, las comunidades y el medio ambiente al integrar perspectivas humanísticas y culturales en cursos tradicionalmente basados en conocimientos técnicos unidisciplinarios. Bajo estas premisas y apoyados con financiamiento del programa para el aprendizaje estudiantil participativo de la Fundación Nacional de Ciencias de Estados Unidos, los autores desarrollaron, implementaron y evaluaron nuevos cursos de geociencias y recursos naturales en las Universidades del Sur de Illinois, la Estatal de Colorado y la de Texas en El Paso. Los estudiantes de estos cursos mostraron mejoras en su desempeño en una variedad de competencias y destrezas, desde una mejor articulación de ideas y conceptualización de escenarios complejos hasta una mejor colaboración con compañeros y discusiones de mayor profundidad en clase y con los instructores e incluso con personas de sus círculos sociales. Más específicamente, la mayoría de los estudiantes en estos cursos demostraron un progreso de bueno a excelente en la integración de ideas, conectando los conceptos de clase con otras áreas del conocimiento, empleando el razonamiento sistémico para examinar problemas y trasladando elementos de la clase para analizar críticamente datos y argumentos en su vida cotidiana. Además, los instructores integraron el uso de un software de narración de historias habilitado para el despliegue de información espacial (StoryMaps de ESRI), lo que permitió a los estudiantes crear un portafolio de su propio aprendizaje mientras desarrollaban una narrativa sobre un tema de investigación de su elección. Entre los estudiantes encuestados, el 87% estuvo de acuerdo en que trabajar en la actividad de desarrollar una historia les brindó la oportunidad de reflexionar sobre su propio proceso de aprendizaje. Los datos de evaluación preliminares sugieren que este tipo de diseño de cursos tiene el potencial de mejorar la comprensión de los estudiantes sobre la importancia de los aspectos sociales y humanísticos en la solución de problemas complejos y multidimensionales en las geociencias.

SE02-19

IMPORTANCIA DE LAS GEOCIENCIAS EN LA GIR: EL CASO DE LA LICENCIATURA DE PCYGR EN LA UACM

Ortiz Osornio Miryam y Alarcón Ferreira Ana María

Universidad Autónoma de la Ciudad de México, UACM

miryam.ortiz@uacm.edu.mx

En la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM) se imparte la licenciatura en Protección Civil y Gestión de Riesgos en dos planteles, San Lorenzo Tezonco y Cuauhtémoc. Dicha licenciatura inició en el plantel San Lorenzo Tezonco en el año 2012, cinco años más tarde, en 2017, el plantel Cuauhtémoc integró esta licenciatura a su oferta académica. Actualmente, la licenciatura cuenta con una matrícula superior a 600 estudiantes, incluyendo primer ingreso, y más de 100 egresados y egresadas, entre los dos planteles. El programa de estudios de la licenciatura integra tanto asignaturas de Ciencias Sociales, como de Ciencias Exactas y Naturales, incluidas geociencias, lo que lo hace interesante e innovador respecto a otros planes similares en nuestro país, principalmente por la construcción de pensamiento complejo en el alumnado. La creación de esta licenciatura responde a una necesidad creciente en nuestra sociedad, de profesionistas especializadas y especializados en las actividades propias de la Gestión Integral de Riesgos. El incremento en la ocurrencia e intensidad de algunos peligros naturales, así como sus efectos reportados en términos de declaratorias por desastres a nivel mundial, justifican esta demanda. El impacto de los diversos fenómenos de origen natural y antrópico plantean retos constantes que deben ser atendidos con la temporalidad y tecnicidad adecuada para mitigar los riesgos. Es por esto que la licenciatura requiere de un balance adecuado entre disciplinas de Ciencias Sociales y Ciencias Exactas o Naturales. Adicionalmente, son indispensables los enfoques multi, inter, y transdisciplinarios que proporcionen el medio adecuado para la resolución de problemas complejos derivados de los diferentes peligros. El conocimiento de

geociencias destaca por el gran impacto de los peligros relacionados a estas disciplinas, como terremotos, procesos de remoción de masas, vulcanismo, cambio climático, huracanes, inundaciones, por mencionar algunos. Por lo anterior, las autoras han realizado una revisión y análisis del plan de estudios en la licenciatura de PCyGR de la UACM, identificando tres problemas sustanciales. El primero es una distribución poco equilibrada entre asignaturas de ciencias sociales y ciencias exactas y naturales, incluidas las geociencias. El segundo es una falta de continuidad entre asignaturas, lo que da como resultado temas aislados que, si bien son necesarios, no conforman ejes temáticos en los diferentes semestres de la licenciatura. Finalmente, observamos que existe una carencia de materias indispensables para las y los profesionistas de la PCyGR o bien, asignaturas con temas duplicados o que no requieren una revisión tan extensa en la licenciatura. Consideramos que es necesario solventar estas situaciones en el plan de estudios para que las y los egresados cuenten con mejores herramientas, sea más fácil su integración al campo laboral y tengan los conocimientos necesarios para crecer profesionalmente de manera exitosa.

SE02-20

EL POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA EN EL INSTITUTO DE GEOCIENCIAS, UNAM – LOGROS, RETOS Y PERSPECTIVAS

Manea Marina

Instituto de Geociencias, UNAM

marina@geociencias.unam.mx

El año 2024 representa un año de referencia, porque marca la transformación del Centro de Geociencias a Instituto. El proceso mismo conlleva consigo nuevos retos y responsabilidades tanto hacia la comunidad científica y como a la sociedad. Con base en los logros previos, el Posgrado en Ciencias de la Tierra, reconocido por CONAHCYT como un posgrado consolidado, juega un papel importante en los procesos de investigación, docencia, difusión, divulgación y vinculación llevados a cabo en el Instituto de Geociencias. El posgrado debe responder a las necesidades del desarrollo científico y tecnológico del país, formando profesionales de alto nivel en el campo de las geociencias. Unos de los retos más importantes es aumentar la matrícula y dentro de esto resulta de suma importancia la promoción del programa a todos los niveles educativos y también la internacionalización, impulsando la movilidad estudiantil y promover la acreditación de tutores foráneos. Se busca también el fortalecimiento de la perspectiva de género en el posgrado, la atención especial para la problemática de la salud mental y física en la comunidad estudiantil, así como la organización de actividades artísticas y deportivas en el beneficio de toda la comunidad.

SE02-21 CARTEL

ACTIVIDADES DE FOTOGRAMETRIA DE CIENCIAS DE LA TIERRA, CICESE

Gradilla Martínez Luis Carlos, Hinojosa Alejandro y Arregui Sergio

CICESE

gradilla@cicese.mx

En la División de Ciencias de la Tierra (DCT) del CICESE, hemos conformado un grupo interdisciplinario respaldado por una infraestructura dedicada a la realización de levantamientos aéreos, generación de ortomosaicos, modelos 3D y topografía de alta resolución. Utilizando diversas plataformas de vehículos autónomos no tripulados (VANT o drones), multirrotors y de ala fija, equipados con sensores avanzados (cámaras RGB, infrarrojas, multiespectrales y térmicas), hemos abordado una amplia gama de proyectos desde 2013. Comenzamos con estudios de geología forense en deslizamientos de laderas y, con el tiempo, hemos expandido nuestro enfoque a áreas como el mapeo de escarpes de fallas en zonas tectónicamente activas, la delimitación de anomalías geotérmicas, estudios de erosión en planicies de marea, y análisis de vegetación anómala a lo largo de fallas, investigaciones sobre la recuperación de vegetación y la relación entre las praderas de pastos marinos en zonas intermareales expuestas y el carbono azul que secuestran. Estas investigaciones están ligadas a proyectos de la DCT y a tesis de estudiantes de nuestro posgrado. En esta presentación, destacaremos las últimas áreas de vuelo, que incluyen zonas de deslizamientos en la carretera Ensenada-Tijuana, el mapeo de planicies de marea en el delta del río Colorado y ruptura en la Sierra Mayor-Cucapá. Nuestro objetivo es dar a conocer nuestras actividades, herramientas, y fomentar la interacción con personas interesadas en estos temas.

SE02-22 CARTEL

MODELO DE EDIFICIO DE HULE ESPUMA COMO UN AUXILIAR EN LA ENSEÑANZA EN INGENIERÍA SÍSMICA

Vidal Villegas José Antonio, Núñez Leal María Alejandra y Arce Villa Rogelio

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

vidalv@cicese.mx

En el Laboratorio de Instrumentación Sísmica en Estructuras Civiles del Departamento de Sismología del CICESE, se tiene un modelo de edificio de hule espuma para fines didácticos. En este modelo tenemos colocados acelerómetros en las partes baja, intermedia y superior. Uno de los objetivos es ilustrar a visitantes (estudiantes y público en general) como varía la señal en los diferentes niveles del

modelo. Esto es, al aplicar una señal impulsiva en la base se muestra como cambia la señal en amplitud y contenido de frecuencias en los diferentes niveles de registro del modelo del edificio. El equipo de registro disponible lo hace en modo continuo a una razón de 100 muestras por segundo por canal (en total son 9 canales) con una resolución de 24 bits. Además, tenemos la programación en el ambiente de LabView para el procesamiento de las señales registradas como por ejemplo el cálculo de espectros de amplitud. Hemos observado que, de hecho, en eventos de divulgación como la Noche de las Ciencias, los visitantes logran comprender mejor el efecto que pueden tener los temblores en los edificios.

SE02-23 CARTEL

COMUNICACIÓN DEL PELIGRO A TRAVÉS DEL TRABAJO DEL CENTRO DE MONITOREO VULCANOLÓGICO Y SISMOLÓGICO DE LA UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

Velázquez López Jesús Ernesto, Mendoza Ponce Avith
del Refugio y Alatorre Ibarquengoitia Miguel Ángel
Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático, IIGERCC
jesus.velazquez@unicach.mx

Chiapas, en el sureste mexicano, se ubica en una compleja zona geográfica donde la población coexiste con diversos fenómenos naturales, sean geológicos o hidrometeorológicos. La sismicidad generada por la interacción de tres placas tectónicas, la presencia de volcanes activos, fallas geológicas, sequías, sistemas tropicales, heladas y tornados son ejemplos de estos fenómenos; los cuales, sumados a la diversidad geomorfológica y las características de la población, forman una compleja situación que alberga diversos grados de peligro para las personas que habitan en las diversas regiones del Estado. En el Centro de Monitoreo Vulcanológico y Sismológico (CMVS) de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH) se da seguimiento a varios de éstos fenómenos y sus efectos; se registran, procesan y analizan datos colectados desde la red de sensores dispersos en la región. Una tarea muy importante es dar a conocer a las autoridades, medios de comunicación y la población en general, tanto las labores de monitoreo, investigación y los resultados obtenidos. Para ello, se han generados estrategias de comunicación del peligro, a partir de diferentes medios. El objetivo del presente trabajo, es compartir las estrategias que permiten acercar a la población a nuestros datos, de una forma amigable y fácil de comprender; cada estrategia puede ser dirigida a diversos sectores. 1. Sitio web. Albergado en el dominio de la UNICACH. 2. Redes Sociales. A través de las redes sociales del Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático, el CMVS tiene presencia en Facebook, X, YouTube e Instagram. 3. Boletines: Se publican de manera periódica boletines y reportes. 4. Colaboración con Medios de Comunicación: Se atiende a medios de comunicación locales y las representaciones nacionales. 5. Educación: Se participa con talleres, charlas y conferencias en escuelas. 6. Visitas guiadas. Se abren las puertas de este centro de monitoreo para que el público conozca ¿Cómo se monitorean los volcanes y sismos en Chiapas? Se dará una estadística de cada estrategia utilizada por el CMVS que ayuda a reducir el impacto de los desastres y a mantener a la población informada y preparada para enfrentar a los fenómenos naturales. También, se dará un par de ejemplos concretos sobre el impacto de algunos trabajos en las disciplinas de vulcanología, sismología, climatología y observación de eventos astronómicos.

SE02-24 CARTEL

K&E PROYECTO DE EDUCACIÓN CONTINUA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

Aragon-Arreola Manuel
Atyca Consulting, México, Universidad de San Andrés, Escuela de Educación, Argentina
manuel.aragon@atyca.com.mx

La misión del proyecto K&E busca potenciar el talento humano interesado en Ciencias de la Tierra (CT) facilitando la integración del conocimiento, entendimiento de datos y experiencia para fomentar el saber y hacer práctico. El objetivo es desarrollar capacidades de pensamiento para consolidar habilidades en: a). gestión y análisis de datos; b). formulación y argumentación de hipótesis de trabajo; y c). fomentar la mentalidad creativa y curiosa que impulse la iniciativa, mejore la comunicación de ideas y el trabajo colaborativo. Muchos profesionales están al margen de actualizaciones ya sea por costos, falta de tiempo, información o motivación, malas experiencias, u oferta s de desarrollo escasas que repiten el contenido y modelo de cursos por los cuales tantas personas siguen preguntándose ¿de qué sirve lo que aprendí en la escuela? Mantenerse actualizado es relevante para estar vigente y competitivo en el mercado laboral, impulsar el desarrollo personal y fortalecer el sentido de satisfacción. Algunas alternativas de actualización incluyen posgrados, diplomados y programas de Educación Continua, que posibilitan renovar conocimientos, desarrollar habilidades, competencias y networking, intercambiar ideas y conocer otras perspectivas. El Proyecto K&E está diseñado para ayudar a subsanar una carencia en la formación profesional: desarrollar el saber y hacer práctico para que lo aprendido y lo que se aprenda tengan sentido y valgan la pena; la idea parte de la economía del conocimiento, cuyo corolario es que el saber es un recurso intangible y estratégico clave para el desarrollo económico. Con este contexto y apoyándose en el modelo de descubrimiento por indagación, se han desarrollado tres cursos-taller: "Depósitos epitermales y casos de estudio", "Entendiendo geología a partir

de la sísmica, caso de estudio el Golfo de California" y "Targeting en exploración usando datos geológicos y geofísicos, caso de estudio Nevada". El público objetivo son profesionales y estudiantes de últimos semestres de carreras de CT, los cursos son presenciales (el rediseño a formato virtual está en proceso) y su duración es de 3-5 días (24-40 hr). Las actividades incluyen: revisión de conceptos, ejercicios para aprender y entrenar criterios de interpretación, relación de muestras de mano con modelos geológicos, un trabajo en equipo que se elabora paulatinamente aplicando los conceptos y habilidades desarrollados y finalmente exposición del trabajo grupal; se incluyen rutinas para fomentar el pensamiento crítico y reflexivo y se ofrece retroalimentación. Como parte del Proyecto K&E también se han desarrollado dos talleres cortos (4 hr/cu) para reflexionar con argumentos físicos y de CT sobre noticias sensacionalistas que aparecen en los medios de comunicación, además de actividades de divulgación de CT para todo público (2 hr/cu). Estos cursos se han llevado a cabo en varias universidades y entidades públicas y privadas. Las evaluaciones de los participantes han sido muy positivas e impulsan a fortalecer el proyecto, generar nuevos contenidos y llevarlo a nuevos foros. Palabras clave: Educación Continua, Geociencias, Desarrollo de Talento, Economía del Conocimiento.

Sesión especial

CIENCIAS ESPACIALES, QUÍMICA PREBIÓTICA Y ASTROBIOLOGÍA

Organizadores

Alejandro Paredes Arriaga
Guadalupe Cordero Tercero

SE03-1

ESTABILIDAD DE LA ADENINA EN UN SÍMIL DE UN SISTEMA HIDROTHERMAL GENERADO POR IMPACTO: IMPLICACIONES EN EVOLUCIÓN QUÍMICA

Ramírez Vázquez Luisa, Cruz-Castañeda Jorge A. y Negrón-Mendoza Alicia

Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

luisa.ramirez@correo.nucleares.unam.mx

Se han propuesto distintos escenarios geológicos para la evolución química y el posterior origen de la vida en la Tierra. Los sistemas hidrotermales son uno de estos escenarios y, dado a que en el pasado hubo una alta tasa de impactos en la superficie lunar y terrestre, posiblemente los sistemas hidrotermales generados por impacto pudieron ser abundantes en la Tierra primitiva. Estos sistemas tienen como característica ser un sitio delimitado donde existen gradientes de temperatura, pH y distintos tipos de minerales, factores que son importantes para la promoción de reacciones químicas y la concentración de las moléculas relevantes para la evolución química. En este trabajo se presentan los resultados preliminares del estudio de la estabilidad de la adenina bajo condiciones fisicoquímicas de un sistema hidrotermal generado por impacto. Conocer la estabilidad de esta molécula es de interés ya que la adenina es una molécula importante en procesos biológicos al ser una de las bases nitrogenadas que componen el ADN y el ARN. Además se estudia el papel de las superficies minerales presentes en este tipo de ambientes. Para ello, una disolución de adenina se pone en contacto a distintos tiempos (desde 10 minutos a 48 h) con dos diferentes tipos de minerales: zeolita (heulandita) y hematita; posteriormente se realizan pruebas de termólisis a diferentes temperaturas de entre 100 °C y 200 °C. Se encontró que a un pH ácido, la sorción de la adenina es mayor a diferencia de la sorción a pH básico, además de que la adenina en disolución acuosa se descompone a temperaturas mayores de 150° C y, dependiendo del pH, los minerales pueden fungir como protectores contra el efecto de la temperatura o como promotores de la descomposición de la adenina. Agradecimientos a los proyectos PAPIIT IN114122, IA201924 y IA101324 por el financiamiento de este trabajo. Al apoyo de C. Camargo-Raya, J. de la Rosa-Canales, C. A. Fuentes-Carreón, P. Molina-Sevilla, B. Leal-Acevedo, J. Gutiérrez-Romero, M. J. Rodríguez-Albarrán, E. Palacios-Boneta, M. Cruz-Villafañe y J. Rangel-Gutiérrez., M. E. Ham-Reyes.

SE03-2

ESTABILIDAD DEL FORMALDEHÍDO EN LA SIMULACIÓN EXPERIMENTAL DE UN SISTEMA HIDROTHERMAL SUBMARINO DE ENCÉLADO: RELEVANCIA EN EVOLUCIÓN QUÍMICA

Reyes-Alcántara Juan Alberto^{1,2}, Cruz-Castañeda Jorge Armando¹, Meléndez-López Adriana Leticia³, Negrón-Mendoza Alicia¹ y Ramos-Bernal Sergio¹¹Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM²Facultad de Química, UNAM³Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM

juan.reyes@correo.nucleares.unam.mx

La evolución química comprende un período hipotético en el que habrían ocurrido procesos fisicoquímicos que pudieron favorecer la aparición y proliferación de vida en la Tierra o que podrían favorecerla en otros lugares del universo (Calvin, M., 1959). Las lunas heladas del sistema solar como Encélado orbitando Saturno son de interés en esta área debido a que misiones espaciales como Cassini-Huygens (NASA-ESA, 2005) han proporcionado evidencia de una cubierta de clatratos de hasta 25 km de grosor de gases como CH₄, CO, CO₂, NH₃, N₂ y 40Ar bajo la cual se ha propuesto que yace un océano de agua líquida con abundantes concentraciones de sales de hierro (Waite, J. H., et al, 2009), además de la emisión de sustancias de interés prebiológico y biológico o sus precursores que son eyectados desde el interior de Encélado hacia el medio interestelar y acumulados en el anillo E de Saturno (Kempf, S., et al, 2010), indicando procesos hidrotermales (Pirajno, F., 2009) posiblemente asociados con la síntesis de los compuestos que contribuyeron a la evolución química en Encélado. Entre los compuestos orgánicos detectados se encuentra el formaldehído (Barge, L. M., Waite, J. H., 2017), importante precursor en la síntesis abiótica de carbohidratos (Butlerov, A., 1861) y aminoácidos (Strecker, A.,

1850). El objetivo de este trabajo fue estudiar experimentalmente el comportamiento fisicoquímico de un océano propuesto para Encélado mediante una simulación de la composición publicada en la literatura y los datos de la misión Cassini (Angelis, G. I., et al, 2021), haciendo énfasis en la presencia de precipitados de hierro (II,III) y el posible efecto del potencial de óxido-reducción entre ellos sobre los compuestos orgánicos que puedan estar presentes en Encélado. Adicionalmente, analizar y caracterizar las fases que el sistema pudiera presentar. Los resultados han mostrado un sistema heterogéneo, alcalino y reductor, conformado por fases sólidas en suspensión acuosa compuestas por óxidos de hierro II y III que podrían favorecer algún mecanismo de catálisis heterogénea. Con respecto a la reactividad del sistema frente al formaldehído, se observó que se reduce a metanol bajo estas condiciones y que también fue detectado por Cassini (Barge, L. M., Waite, J. H., 2017), además de ser relevante en Química Prebiótica debido a su posible papel en el origen de los ácidos ribonucleicos en la teoría del mundo de RNA en la Tierra primitiva (Mathew et al. 2022). Este hecho contrasta con la literatura química, ya que, en su mayoría, las reacciones por catálisis heterogénea de óxidos de hierro con estas especies involucradas efectúan la oxidación selectiva de metanol a formaldehído mediante diversos mecanismos, pero no al revés (Wang, et al, 2001), por lo cual este proceso implicaría una causa intrínseca del sistema simulado. Agradecimientos a los proyectos PAPIIT IN114122, IA201924 y IA101324 por el financiamiento de este trabajo. Al apoyo de C. Camargo-Raya, J. de la Rosa-Canales, P. Molina-Sevilla, B. Leal-Acevedo, J. Gutiérrez-Romero, M. en C. María José Rodríguez Albarrán, E. Palacios-Boneta, M. Cruz-Villafañe y J. Rangel-Gutiérrez.

SE03-3

TRANSFORMACIÓN TÉRMICA DE LA MATERIA ORGÁNICA EN MICROMETEORITOS: GLICINA Y GLICINATO DE SODIO EN LA QUÍMICA PREBIÓTICA

Amador Ortega Mariana¹, Colín García María² y Martínez Pabello Pavel Uliano²¹Universidad Nacional Autónoma de México²Instituto de Geología, UNAM

mar_amador@ciencias.unam.mx

Los meteoritos fueron una fuente importante de materia orgánica exógena de relevancia prebiótica durante la Tierra primitiva. No obstante, la temperatura y presión que alcanzan los meteoros al atravesar la atmósfera, debido a la fricción, pueden provocar la destrucción de moléculas orgánicas termolábiles, como los aminoácidos. Por lo tanto, es necesario proponer un mecanismo para su protección térmica. Un ejemplo puede ser la asociación de sales metálicas de aminoácidos con matrices de mineral-filosilicatos, que se encuentran en condritas carbonáceas. El objetivo de este estudio es demostrar, a través de simulaciones experimentales, que la presencia de minerales ígneos y arcillas, en conjunto con sales metálicas de aminoácidos, puede brindar estabilidad termodinámica a moléculas orgánicas de importancia prebiótica. Se llevaron a cabo simulaciones experimentales, calentando glicina y glicinato de sodio en matrices minerales: una en olivino de magnesio (forsterita) y la otra en la arcilla montmorillonita de sodio. Los productos fueron identificados a través de espectroscopía infrarroja (IR) y análisis termogravimétrico (TG+DTG). Se encontraron evidencias que sugieren que el aminoácido glicina es más estable como ión glicinato enlazado a un átomo de sodio en presencia de una matriz mineral, especialmente en asociación con olivino. Agradecimientos: Al M. en C. Ulises Loredo, Dra. Teresa Pi, M. en C. Abigail Cruz, M. en C. Melissa Lerín y Bladimir Anzurez por su apoyo, así como al proyecto CONAHCYT A1-S-25341 por el financiamiento. Referencias: 1. Fioroni, M. 2021. Transition Metal Organometallic/Metalloorganic Chemistry: Its Role in Prebiotic Chemistry and Life's Origin. En A. Neubek & S. McMahon (Eds.), Prebiotic Chemistry and the Origin of Life (pp. 1-41). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81039-9_1 2. Micca Longo, G. & Longo, S. 2020. The role of primordial atmosphere composition in organic matter delivery to early Earth. Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali, 31, 53-64. <https://doi.org/10.1007/s12210-020-00878-x> 3. Pizzarello, S. & Shock, E. 2017. Carbonaceous Chondrite Meteorites: The Chronicle of a Potential Evolutionary Path between Stars and Life. Origins of Life and Evolution of the Biosphere: The Journal of the International Society for the Study of the Origin of Life, 47(3), 249-260. <https://doi.org/10.1007/s11084-016-9530-1> 4. Zaia, D. A. M. 2012. Adsorption of amino acids and nucleic acid bases onto minerals: A few suggestions for prebiotic

chemistry experiments. International Journal of Astrobiology, 11, 229-234. <https://doi.org/10.1017/S1473550412000195>

SE03-4

RADIÓLISIS GAMMA DE CLATRATOS DE AMONÍACO Y SU IMPLICACIÓN EN PROCESOS DE EVOLUCIÓN QUÍMICA

Cruz Castañeda Jorge Armando¹, Meléndez-López Adriana Leticia², Negrón-Mendoza Alicia¹ y Ramos-Bernal Sergio¹

¹Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

²Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM

jorge.cruz@nucleares.unam.mx

Las lunas heladas del sistema solar como Encélado, Titán, Europa y Tritón son cuerpos celestes de gran interés en experimentos de química prebiótica y astrobiología debido a los procesos de evolución química que han ocurrido y que probablemente continúan ocurriendo en ellos. Un ejemplo de estos procesos es la formación de clatratos los cuales son estructuras sólidas formadas por gases atrapados en hielos de agua y la interacción de estas estructuras con fuentes de energía externa como la radiación ionizante proveniente del medio interestelar. Misiones espaciales como Cassini-Huygens (NASA-ESA, 2005) particularmente en Titán y Encelado, ha dado evidencia que parte de las superficies heladas de estos cuerpos celestes están formadas por clatratos de metano, dióxido de carbono, monóxido de carbono y amoníaco, con base en información de estas misiones se ha propuesto que esta capa de clatratos puede ser de hasta 25 km de espesor. El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de la radiación gamma en un simil simple de un clatrato formado por amoníaco y agua bajo una atmosfera de nitrógeno y metano, para evaluar la posible formación de compuestos químicos que puedan contribuir en la evolución química de estos cuerpos celestes y sean de interés para la investigación y planeación a las nuevas misiones espaciales. Los primeros resultados han mostrado que, en este sistema heterogéneo expuesto a la radiación ionizante, se pueden generar compuestos orgánicos nitrogenados con interés en la química prebiótica. El análisis químico se realizó mediante cromatografía de gases con un detector de masas y cromatografía de líquidos acoplado a un detector de UV. Agradecimientos a los proyectos PAPIIT IN114122, IA201924 y IA101324 por el financiamiento de este trabajo. Al apoyo de C. Camargo-Raya, J. de la Rosa-Canales, P. Molina-Sevilla, B. Leal-Acevedo, J. Gutiérrez-Romero, M. en C. María José Rodríguez Albarrán, E. Palacios-Boneta, M. Cruz-Villafañe y J. Rangel-Gutiérrez.

SE03-5

SÍNTESIS DE COMPUESTOS ORGÁNICOS EN UNA ATMÓSFERA SIMULADA DEL MARTE PRIMITIVO ENTRE 3.8-3.6 GA

Fuentes Carreón Claudio Alejandro, Cruz Castañeda Jorge Armando, Negrón-Mendoza Alicia y Ramos Bernal Sergio Agustín

Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

claudio.fuentes@ciencias.unam.mx

Existen múltiples evidencias, tanto geológicas como geoquímicas, de que Marte llegó a tener un ciclo del agua activo, entre los 3.8 y 3.6 Ga [1]. Esto sugiere que el Marte primitivo pudo haber sido un planeta con una atmósfera rica en H₂O, volviéndolo un planeta habitable, temporalmente. Esto implica que el planeta pudo haber tenido un clima cálido y húmedo, cuyas condiciones fisicoquímicas pudieron haber favorecido la síntesis de compuestos orgánicos de importancia biológica. Estudios teóricos recientes proponen que, en una atmósfera marciana cálida y húmeda, rica en CO₂ y vapor de agua, con CO y H₂, pudo haberse sintetizado formaldehído (H₂CO), por acción de radiación UV incidente sobre el planeta[2]. Este formaldehído, por medio de reacciones fotoquímicas en equilibrio con cuerpos de agua líquida, pudo haberse polimerizado, formando carbohidratos[3]. El objetivo de este trabajo es corroborar experimentalmente la hipótesis previa, recreando en laboratorio la atmósfera marciana primitiva. Construyendo una atmósfera de 92% CO₂, 2% CO, 6% H₂, con vapor de H₂O y 1 bar de presión, esta fue sometida a diferentes fuentes de radiación. Los resultados preliminares muestran la formación de compuestos ricos en oxígeno y compuestos aromáticos. La formación de estas moléculas orgánicas depende del tipo de radiación incidente, lo que sugiere que, en las condiciones atmosféricas propuestas, pueden formarse compuestos orgánicos de importancia biológica. Agradecimientos: Al Posgrado en Ciencias de la Tierra Al Instituto de Ciencias Nucleares, por todo el apoyo dado para la realización de este proyecto A los proyectos PAPIIT IN114122, IA114122 y IA101324. CAFCA agradece la beca otorgada por CONAHCYT número 319818 para estudios de posgrado. Al apoyo de técnico de C. Camargo-Raya, J. de la Rosa-Canales, P. Molina-Sevilla, B. Leal-Acevedo, J. Gutiérrez-Romero, M. en C. María José Rodríguez Albarrán, E. Palacios-Boneta, M. Cruz-Villafañe y J. Rangel-Gutiérrez. Referencias [1] R.D. Wordsworth, The Climate of Early Mars, Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 44 (2016) 381–408. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-060115-012355>. [2] S. Koyama, A. Kamada, Y. Furukawa, N. Terada, Y. Nakamura, T. Yoshida, T. Kuroda, A.C. Vandaele, Atmospheric formaldehyde production on early Mars leading to a potential formation of bio-important molecules, Sci Rep 14 (2024) 2397. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-52718-9>. [3] S.A. Benner, H.-J. Kim, E. Biondi, Prebiotic Chemistry that Could Not Not Have Happened, Life 9 (2019) 84. <https://doi.org/10.3390/life9040084>.

SE03-6

EVOLUCIÓN GEOLÓGICA Y CLIMÁTICA DE MARTE MEDIANTE LA COMPARACIÓN DE CRÁTERES DE IMPACTO EN LA DICOTOMÍA HEMISFÉRICA

Reyes Ayala Karen Itzel y Urrutia Fucugauchi Jaime

Instituto de Geofísica, UNAM

ka.reyes@igeofisica.unam.mx

El análisis de cráteres de impacto individuales y sus alrededores puede proporcionar información sobre la estratigrafía local y la actividad hídrica específica de cada región de Marte. En este estudio se examinan veinticinco cráteres de impacto para investigar las características estructurales, volcánicas y tectónicas de las tierras altas, las tierras bajas y el límite dicotómico. Se obtuvo un catálogo de cráteres de impacto y cuencas que permite identificar tendencias y comparar la geología, geomorfología y mineralogía de diferentes terrenos de Marte. Los cráteres situados en el hemisferio norte muestran una eyecta fluidizada, lo que sugiere que en el proceso de formación intervino agua líquida. En los cráteres situados en la dicotomía predominan los rasgos fluviales, como canales y redes de valles, y algunos patrones poligonales. En cuanto a los cráteres del hemisferio sur, predominan las redes de valles y los canales. También hay patrones poligonales y rasgos eólicos como dunas. En la zona volcánica se observaron coladas de lava y algunas fracturas. En cuanto a la zona tectónica, se observan fosas, fracturas, graben, barrancos, algunos canales y catenas. Las tendencias muestran que las oscilaciones del eje de rotación marciano y los cambios en la atmósfera desempeñaron un papel importante en la configuración de los microambientes y la distribución de las masas de hielo en la superficie de Marte. Podemos estimar que, a lo largo de toda su historia, Marte debe haber experimentado varios miles de ciclos mayores de inclinación del eje de rotación, y varias decenas de miles de micro-oscilaciones. Esto nos ha permitido visualizar cuán grande ha sido el forzamiento climático de los procesos geológicos superficiales/atmosféricos debido a las oscilaciones. A principios de la historia marciana (Noéico tardío/Hespérico temprano), la atmósfera era capaz de albergar agua, como demuestran los rasgos de agua líquida observados alrededor y en los cráteres del norte, en el límite dicotómico y en el hemisferio sur. Los diferentes tipos de terreno son en gran medida consecuencia de la actividad acuosa y volcánica del pasado, que cambió la morfología superficial, creando llanuras suaves en el norte, pero dejando intactas otras zonas. Los flujos de agua y hielo que atravesaron estos terrenos, los esculpieron y erosionaron con el tiempo.

SE03-7

PROYECTO PARA IDENTIFICAR MOLÉCULAS ORGÁNICAS EN MUESTRAS EXTRATERRESTRES CAPTURADAS EN AEROGEL DESDE LA ESTACIÓN ESPACIAL INTERNACIONAL POR LA MISIÓN TANPOPO 2

Paredes Arriaga Alejandro¹, Percot Aline², Mahieddine Farah², Yano Hajime³, Hasegawa Sunao³, Tabata Makoto³, Yamagishi Akihiko³, Mita Hajime⁴, Maurel Marie-Christine⁵, Lambert Jean-François⁶, Baklouti Donia⁵ y Zins Emilie-Laure²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra / Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

²Sorbonne Université, CNRS MONARIS UMR8233

³Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

⁴Department of Physics, Chiba University

⁵Tokyo University of Pharmacy and Life Sciences

⁶Fukuoka Institute of Technology

⁷Sorbonne Université, Museum National d'Histoire Naturelle, CNRS MNHN UMR 7205

⁸Sorbonne Université, CNRS UMR 8220, Laboratoire d'Archéologie Moléculaire et Structurale

⁹Institut d'Astrophysique Spatiale, Université Paris-Saclay, CNRS

apa@ciencias.unam.mx

La espectroscopia Raman es una técnica analítica para caracterizar materiales orgánicos e inorgánicos con una resolución espacial en el rango de los micrómetros. Esto la convierte en un método a considerar para la caracterización de muestras en misiones espaciales, ya sea en la Tierra o in situ. Para mejorar su sensibilidad e intensificar las señales de respuesta usamos la técnica de intensificación de superficie (SERS, Surface-Enhanced Raman Spectroscopy), con coloides plasmónicos a base de nanopartículas de plata. En este estudio nos centramos en el análisis de biomoléculas de interés prebiótico en polvo extraterrestre atrapado en aerogel de sílice, simulando muestras de la misión espacial japonesa Tanpopo. El objetivo es doble: preparar muestras lo más parecidas posible a las reales, y optimizar el análisis mediante SERS para este contexto específico. Se eligió la serpentina como matriz inorgánica y la adenina como biomolécula objetivo. El polvo se proyectó a gran velocidad hacia el aerogel capturador y luego se extrajo mecánicamente. Los primeros resultados muestran una detección eficaz incluso para el dopaje de adenina a partir de una disolución de 5*10⁻⁹ mol/L. Una vez expulsado el polvo del aerogel mediante un disolvente, el mapeo SERS permite la detección inequívoca de adenina en toda la superficie del polvo. Este estudio demuestra el potencial del SERS como técnica clave no sólo para las muestras de retorno, sino también para las próximas nuevas exploraciones.

SE03-8

EL PROYECTO CHANG-E Y LA EXPLORACIÓN ESPACIAL EN SELENE

Maravilla Meza María Dolores
Universidad Nacional Autónoma de México
dmaravil@igeofisica.unam.mx

La Luna siempre ha cautivado a la humanidad, desde poetas a científicos, muchos han sido los personajes que han dedicado parte de su tiempo a describirla y estudiarla. En este siglo, un gran proyecto espacial creado por China, ha posado varias sondas en la superficie de la Luna para desentrañar los misterios de su cara oculta. Este proyecto llamado Chang-e, ha mapeado la superficie lunar en diferentes longitudes de onda, ha realizado estudios de la mineralogía de la superficie y del subsuelo, ha llevado a cabo experimentos biológicos y ha buscado reservorios de agua con ayuda de los instrumentos a bordo de las sondas que se han posado en el satélite de la Tierra. Las sondas también han buscado la región idónea para establecer una base lunar que permita a la humanidad, realizar estudios del sistema solar y del universo. En este trabajo se presentan los resultados preponderantes, obtenidos a la fecha, por el proyecto espacial Chang-e.

SE03-9

DETERMINACIÓN GEOQUÍMICA DEL MATERIAL PRECURSOR DE CONDROS, IMPLICACIONES Y RESTRICCIONES EN LOS MODELOS TEÓRICOS DE SU FORMACIÓN

Montoya Pérez Miguel Angel¹ y Cervantes de la Cruz Karina Elizabeth²
¹Universidad Nacional Autónoma de México
²Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM
miguel.montoya@correo.nucleares.unam.mx

Los condros son esferas micrométricas que están compuestas principalmente de silicatos y sabemos que se originaron durante los primeros 3 millones de años después de la generación de las ICAs, los primeros sólidos en formarse en el sistema solar. Su formación implicó dos etapas centrales: la primera involucra la presencia cristales de una mineralogía específica preexistente, principalmente silicatos máficos, los cuales conformaron el material precursor que en una segunda etapa sufrió un proceso de fundido y cristalización en el disco protoplanetario. A pesar de que contamos con un notable avance en el entendimiento de los diferentes procesos que pudieron dar origen a los condros, aún hay cuestiones abiertas en torno a la naturaleza del material precursor y los componentes que permitieron su estabilidad previamente y durante el proceso de fusión. Diversos trabajos han realizado experimentos de fundidos de minerales para simular las condiciones de formación de los condros. Sin embargo, es importante determinar las proporciones minerales que pueden usarse como precursores, de tal manera que dichos experimentos sean consistentes con las restricciones teóricas del proceso de formación planetaria. En este trabajo empleamos datos de la composición química de condro total en el cálculo de la norma C.I.P.W. para obtener una aproximación teórica de las proporciones minerales que conformaron al material precursor. Los resultados sugieren que los minerales que originaron a los condros pudieron provenir de fragmentos de rocas ígneas preexistentes, tales como, anortositas, rocas gabróicas y peridotitas, cuyas mineralogías son representativas de rocas esperadas en cortezas de cuerpos planetarios diferenciados. Dichos resultados ofrecen una base experimental para restringir las proporciones minerales que pudieron conformar al material precursor de los condros y en conjuntos con futuros experimentos de fusión con un perfil térmico específico, nos permitirán explorar una nueva propuesta de formación de condros a través de la colisión de planetesimales. Investigación realizada gracias al Programa UNAM-PAPIIT IN116124 Y CONHACyT 15303

SE03-10

EFFECTOS DE MATERIAL METEORITICO EN CULTIVOS

Juárez Faustino
Instituto de Geofísica, UNAM
tino@igeofisica.unam.mx

El efecto del impacto de un meteorito en la superficie terrestre ya se ha estudiado en diferentes lugares, y se conoce que pueden producir extinciones masivas como la más conocida de hace 65 millones en las cercanías de la actual península de Yucatán. Pero se sabe que no todos los meteoritos chocan en la superficie, algunos se destruyen antes de tocar el suelo, entonces surge una pregunta ¿Qué efectos causa el material fracturado de esos meteoritos?. Este trabajo se presentan algunas observaciones y resultados de pruebas realizadas a material asociado a material de meteoritos que han pasado cerca de la superficie terrestre y que a su paso se ha deshecho y sus fragmentos han caído sobre los bosque o campos de cultivos. En 2012 un meteorito explotó en la región de Acateno Hueytamalco. En los años siguientes, el jardín botánico Xoyocuilá (JBX) registró baja productividad en herbáceas y árboles frutales, lo cual también sucedió a nivel regional. Se conoce que la productividad agrícola depende de los nutrimentos y de la concentración de micorrizas de HMA en el suelo de zonas tropicales húmedas. El objetivo de este trabajo es determinar las propiedades químicas y efectos de magnetismo, radioactividad y elementos raros en suelos agrícolas del JBX, el bosque tropical

perennifolio (BTP) y el pastizal inducido (PI) afectados por el impacto del meteorito. En el JBX se localizó una cisterna sin uso y que representa material de caída del meteorito con las condiciones iniciales de las concentraciones aportadas. Además, se tomaron muestras del suelo del JBX, una del BTP y otra de PI. Se analizó la composición química, así como mediciones de radiactividad y magnetismo, así como entrevistas a los productores agrícolas. De los resultados obtenidos, resaltan las concentraciones anómalas de Cu y la presencia de trazas de Ir en otro evento. Los efectos de algunos metales sobre cultivos se han demostrado en experimentos realizados empleando diferentes concentraciones de metales y verificando los efectos que tienen en las plantas y frutos.

SE03-11

LA IMPORTANCIA DE LAS REDES SOCIALES COMO FUENTE DE INFORMACIÓN EN MÉXICO PARA EL ESTUDIO DE LA ENTRADA DE CUERPOS CÓSMICOS A LA ATMÓSFERA DE LA TIERRA

Cordero Tercero María Guadalupe¹, Cuevas Muñoz Arturo² y Gallegos Flores Andrea Monserrat²
¹Universidad Nacional Autónoma de México
²Facultad de Ingeniería, UNAM
gcordero@igeofisica.unam.mx

La información que circula en redes sociales es de índole muy diverso. La mayoría de ésta es sobre intereses cotidianos de las personas, sin embargo, de vez en cuando, y sobre todo en los últimos años, se publican noticias sobre eventos relacionados con la astronomía y la geofísica, en particular sobre la entrada de objetos a la atmósfera terrestre. El objetivo de este trabajo es mostrar la importancia de la información en redes sociales, la cual va desde ser la fuente primaria de que ocurrió un evento hasta servir como reservorio de videos. A partir de la búsqueda en Facebook, X e Instagram, se identificaron 24 eventos entre abril de 2013 y noviembre de 2023. 5 de estos eventos fueron observados por al menos tres cámaras de Webcams de México (WebcamsMx), y sólo 2 por los sensores del gobierno de los Estados Unidos y/o los satélites GOES 16 y 18. Como los videos de WebcamsMx sólo se almacenan por un par de días, las redes sociales sirven como un reservorio de esta información. Gracias a esto fue posible estimar la dirección de entrada de los 5 eventos mencionados así como la velocidad angular en 3 de ellos. Agradecimientos al proyecto PAPIIT IT102823 y a la beca "Silvia Bravo" otorgada por el instituto de Geofísica de la UNAM.

SE03-12 CARTEL

ESTUDIO DEL INTEMPERISMO ESPACIAL EN EL CINTURÓN PRINCIPAL DE ASTEROIDES

Joaquín Antonio Diana Yazmin¹ y Cordero Tercero María Guadalupe²
¹Facultad de Ciencias, UNAM
²Instituto de Geofísica, UNAM
yazjoandi@gmail.com

En el entorno terrestre, el intemperismo o meteorización ocurre por procesos físicos y/o químicos. El intemperismo físico es la transformación (desintegración) de la roca madre en clastos más pequeños; mientras que el intemperismo químico modifica de manera irreversible a los minerales componentes de las rocas. En el espacio, los cuerpos carentes de una atmósfera también sufren cambios graduales en su superficie, a esto se le ha llamado intemperismo espacial. Este proceso es el resultado de los cambios graduales físicos y químicos que se producen a lo largo del tiempo en las superficies de los cuerpos planetarios debido a agentes externos y que se manifiesta en un oscurecimiento del material superficial. El intemperismo espacial es producido principalmente por tres mecanismos: 1) Impactos con micrometeoritos los cuales evaporan, fragmentan, calientan o fusionan el material en las superficies planetarias, 2) Interacción con el viento solar la cual implanta iones, irradia y pulveriza el regolito y 3) Rayos cósmicos que causan daño por radiación. En este trabajo se realizaron pruebas de completéz de los asteroides del cinturón principal con el propósito de hacer análisis sobre muestras no sesgadas. Una vez hecho esto, se evaluó la dependencia del albedo con su distancia al sol y con la probabilidad de impacto para analizar cuál de los mecanismo de intemperismo espacial es más importante en los asteroides. Se encontraron evidencias de que el intemperismo por impacto es mayor que el intemperismo producido por el viento solar o los rayos cósmicos solares.

SE03-13 CARTEL

ESTUDIO DE LA PROPAGACIÓN DE LA ONDA DE CHOQUE DEL EVENTO DE TUNGUSKA DEL 30 DE JUNIO DE 1908

Garduño León Yoatzin Itahi¹ y Cordero Tercero María Guadalupe²
¹Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM
²Instituto de Geofísica, UNAM
yoatzinitalhi@encit.unam.mx

El evento de Tunguska es uno de los fenómenos más importantes del que se ha tenido registro relacionado con explosiones en la atmósfera debidas a fenómenos naturales. Este ocurrió el 30 de junio de 1908 sobre una región escasamente poblada de Rusia, en una taiga pantanosa. Este evento sucedió a 60° 57' latitud N y a 101° 57' longitud E. Solo algunas pocas personas fueron testigos directos

de este acontecimiento pues esta región se encontraba prácticamente deshabitada, (afortunadamente). La caída del objeto ocurrió alrededor de las 7 h, la longitud total de su trayectoria en la atmósfera fue de más de 500 km de SSE a NNW (Ben-Menahem, 1975), terminando en una poderosa explosión que tomó forma de una columna vertical de fuego que alcanzó los 20 km de altura. Como se observó en los eventos de Tunguska y en el de Chelyabinsk ocurrido el 15 de febrero de 2013, la generación de una onda de choque debida a la interacción de un asteroide con la atmósfera es un motivo de riesgo para la población. Entender cómo se propagan estas ondas podría ayudar a planear acciones de protección civil, así como a entender mejor la interacción de cuerpos menores con la atmósfera. Otro punto importante es que no hemos encontrado algún trabajo que analice los datos recopilados por Astapowitsch para el evento de Tunguska. Entonces, el objetivo de este trabajo es entender la propagación de las ondas de choque debidas a la entrada de cuerpos pequeños a la atmósfera de la Tierra. Para esto se analizaron varios modelos teóricos así como los datos obtenidos por Astapowitsch y Ben-Menahem para Tunguska y los mostrados por Glasstone y Dolan para los experimentos con bombas nucleares. El análisis ha mostrado que efectivamente la explosión de Tunguska tuvo una energía mayor a 1 MT y que posiblemente los datos de Astapowitsch muestran más de una explosión o bien una dependencia con la topografía del terreno.

SE03-14 CARTEL

RESULTADOS PRELIMINARES DEL MÉTODO PARA DETERMINAR ESPECTROS DE METEOROS

Gutiérrez Esquivel Akari Yessenia¹ y Cordero Tercero María Guadalupe²

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

akari@ciencias.unam.mx

De acuerdo a los registros encontrados por los arqueólogos, el cielo nocturno ha sido motivo de observación y estudio desde al menos un milenio antes de la era común. Entre todos los fenómenos que pueden verse en el cielo, los meteoros, "estrellas fugaces", también han causado asombro y curiosidad, por ejemplo, las culturas china, coreana y japonesa tienen escritos donde reportaron miles de estos fenómenos. Un meteorito es el fenómeno lumínico producido por la interacción de material asteroidal o cometa con la atmósfera de la Tierra: cuando el cuerpo cósmico entra en contacto con las partículas del gas se calienta al grado de fundirse, evaporarse y ionizarse. Al ocurrir esto, los átomos excitados emiten radiación electromagnética la cual es característica de cada elemento permitiendo identificar a los componentes del objeto. La mayoría del material que entra a la atmósfera se desintegra a más de 80 km de altura, o cae en el mar o es difícil recuperarlo en Tierra, razón por la cual el estudio espectroscópico del meteorito es crucial para llevar una estadística de la naturaleza del material entrante. El principal problema en este tipo de análisis es calibrar los espectros obtenidos para lograr conseguir información útil. El objetivo de este trabajo es mostrar los resultados preliminares de la calibración de espectros de emisión obtenidos por las cámaras de la Red Mexicana de Meteoros. Para lograr esta meta se realizó una serie de experimentos empleando dos rejillas de difracción y dos lámparas, una de Hg-Ar y otra lámpara de láseres con longitudes de onda de 515, 639, 820 y 980 nm. Agradecimientos al proyecto PAPIIT IT102823 y a la beca "Silvia Bravo" otorgada por el instituto de Geofísica de la UNAM.

SE03-15 CARTEL

COMPORTAMIENTO DE LA ADENINA EN INTERACCIÓN CON UNA ARCILLA DE INTERÉS PREBIÓTICO (SAPONITA) SIMULANDO CONDICIONES DE LA TIERRA PRIMITIVA

Santiago Santos Marco Gael, Ramírez-Vázquez Luisa, Cruz-Castañeda Jorge Armando y Negrón-Mendoza Alicia

Universidad Nacional Autónoma de México

marco_s@ciencias.unam.mx

Marco Gael Santiago Santos^{1,2} Luisa Ramírez-Vázquez² Jorge A. Cruz-Castañeda² Alicia Negrón-Mendoza¹. Facultad de Ciencias, UNAM². Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM Los minerales de arcilla juegan un papel importante en la química prebiótica dado que pueden adsorber moléculas orgánicas, protegerlas de la radiación ultravioleta, concentrarlas e inducir su polimerización. En especial, la saponita es de interés dado que las arcillas probablemente fueron abundantes en la Tierra primitiva y en sitios geológicos donde hubo agua o alteración hidrotermal. Esto es importante puesto que uno de los posibles escenarios donde se pudo originar la vida en la Tierra son los sistemas hidrotermales generados por el impacto de asteroides. En este trabajo se planea evaluar la interacción adenina-saponita a distintos valores de pH, tiempos y temperaturas, simulando las condiciones existentes en un sistema hidrotermal generado por impacto. Se realizaron cinéticas de sorción de la adenina en la saponita sometiendo a agitación durante tiempos que van desde 2 minutos hasta 6 días. Esto se realizó a pH 3.5 y 9.5. Pasado el tiempo, las muestras se analizaron por espectrofotometría UV para identificar el porcentaje de sorción de adenina. Posteriormente, para los ensayos de termólisis, se usó el pH y tiempo de mayor sorción de adenina en saponita para someter el sistema, libre de oxígeno, a temperaturas de 100, 150 y 200°C durante 5h. Se identificó que la sorción de adenina es mayor cuando el pH del sistema es ácido (3.5). Además, el tiempo de sorción máxima fue de 0.5h, donde el porcentaje de sorción rebasa el 95%. Por otra parte, en las termólisis se pudo observar que sufre un proceso de desorción, sin embargo, la arcilla aun así puede protegerla del efecto

de la temperatura. Agradecimientos a los proyectos PAPIIT IN114122, IA201924 y IA101324 por el financiamiento de este trabajo. Al apoyo de C. Camargo-Raya, J. de la Rosa-Canales, C. A. Fuentes-Carreón, P. Molina-Sevilla, B. Leal-Acevedo, J. Gutiérrez-Romero, M. J. Rodríguez-Albarrán, E. Palacios-Boneta, M. Cruz-Villafañe y J. Rangel-Gutiérrez., M. E. Ham-Reyes.

SE03-16 CARTEL

ESTABILIDAD DEL URACILO EN AMBIENTES EXTREMOS

Hidalgo-Aranda Alan y Negrón-Mendoza Alicia

Posgrado en Ciencias Químicas, Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

alanhidalgo6@comunidad.unam.mx

El uracilo es una de las cuatro bases nitrogenadas que forman la molécula del RNA y es fundamental para la vida. Desde un punto de vista evolutivo, su estabilidad es clave para entender cómo moléculas como el DNA y el RNA pudieron prevalecer frente a las condiciones extremas de la Tierra primitiva o del espacio interestelar, donde hay una gran cantidad de energía ionizante presente. Para estudiar la química de la Tierra primitiva o del espacio interestelar existen dos caminos, se pueden imitar en el laboratorio las condiciones extremas o se simulan las condiciones en un programa de computadora. En este trabajo se estudió con teoría del funcional de la densidad la estabilidad del Uracilo en presencia del radical hidroxilo, formado por la interacción de la radiación con moléculas de agua, en específico se estudiaron las reacciones de abstracción de hidrógeno y formación del aducto radical, y el efecto de la presencia de una arcilla (caolinita) y su par de watonson crick (adenina), en fase gaseosa. Agradecimientos a los proyectos PAPIIT IN114122, por el financiamiento de este trabajo. Al apoyo de C. Camargo-Raya, B. Leal-Acevedo, J. Gutiérrez-Romero, M. en C. María José Rodríguez Albarrán, E. Palacios-Boneta, M. Cruz-Villafañe y J. Rangel-Gutiérrez.

SE03-17 CARTEL

INTERACCIÓN ENTRE EL ÁCIDO FÓRMICO Y LA PIRITA SIMULANDO UN SISTEMA HIDROTHERMAL PROPUESTO PARA EL SATÉLITE DE JÚPITER EUROPA

Alanis-Sánchez Vania Samantha¹, Cruz-Castañeda Jorge Armando¹, Meléndez-López Adriana Leticia², Negrón-Mendoza Alicia¹ y Ramos-Bernal Sergio¹

¹Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

²Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM

samalanis@ciencias.unam.mx

Europa, satélite natural de Júpiter, es conocido por un propuesto vasto océano subsuperficial cubierto por una capa de hielo (Carr et al., 1998). Las condiciones hidrotermales como fuentes de energía que podrían existir en este océano son de especial interés ya que, se puede proponer a estos sitios como lugares potenciales para la síntesis abiótica de materia orgánica que favorece procesos de evolución química (Martin et al., 2008). El presente trabajo se centra en estudiar la interacción entre el ácido fórmico, una molécula orgánica fundamental en la química prebiótica, y la pirita, un mineral conocido por su capacidad para promover reacciones redox en ambientes hidrotermales, así como por su competencia para actuar como catalizador en diversas reacciones químicas (Paecht-Horowitz, 1984). El objetivo es evaluar la estabilidad térmica del ácido fórmico en presencia de pirita simulando como primera aproximación un entorno hidrotermal, para ello se utilizó un reactor de acero para altas presiones y temperaturas. Para el análisis químico cuantitativo de la fase sólida se utilizó la técnica de espectroscopia en el infrarrojo ATR-FT-IR y las técnicas termogravimétricas TGA/DSC. Respecto al análisis de la fase acuosa se utilizaron las técnicas cromatográficas acopladas CG-MS y CG-FID, así como la técnica volumétrica de micro-titulación ácido-base. Los primeros resultados indican que la pirita actúa como catalizador en el proceso produciendo moléculas de interés prebiótico. Se requiere realizar más estudios para estudiar en detalle la posible síntesis de moléculas orgánicas más complejas a partir de este sistema y su eficiencia en dicha transformación, en el contexto de evolución química. Agradecimientos a los proyectos PAPIIT IN114122, IA201924 y IA101324 por el financiamiento de este trabajo. Al apoyo de C. Camargo-Raya, J. de la Rosa-Canales, P. Molina-Sevilla, B. Leal-Acevedo, J. Gutiérrez-Romero, M. en C. María José Rodríguez Albarrán, E. Palacios-Boneta, M. Cruz-Villafañe y J. Rangel-Gutiérrez. Referencias. Carr, M. H., Belton, M. J. S., Chapman, C. R., Davies, M. E., Geissler, P., Greenberg, R., McEwen, A. S., Tufts, B. R., Greeley, R., Sullivan, R., Head, J. W., Pappalardo, R. T., Klaasen, K. P., Johnson, T. V., Kaufman, J., Senske, D., Moore, J., Neukum, G., Schubert, G., ... Veverka, J. (1998). Evidence for a subsurface ocean on Europa. *Nature*, 391(6665), 363-365. <https://doi.org/10.1038/34857> Martin, W., Baross, J., Kelley, D., & Russell, M. J. (2008). Hydrothermal vents and the origin of life. *Nature Reviews Microbiology*, 6(11), 805-814. <https://doi.org/10.1038/nrmicro1991> Paecht-Horowitz, M. (1984). Clays and other minerals in prebiotic processes. *Origins of Life*, 14(1- 4), 307-314. <https://doi.org/10.1007/BF00933672>

SE03-18 CARTEL

ESTABILIDAD DEL ACETONITRILLO EN PRESENCIA DE PIRITA SIMULANDO UN SISTEMA HIDROTHERMAL

Quiñones-Hernández Nadia María¹, Cruz-Castañeda Jorge Armando¹, Meléndez-López Adriana Leticia², Negrón-Mendoza Alicia¹ y Ramos-Bernal Sergio¹

¹Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

²Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM

nadh52q@gmail.com

El estudio de los sistemas hidrotermales (SH) en evolución química (EQ) y en astrobiología es de gran importancia ya que son sitios con ambientes químicamente reactivos que pudieron constituir condiciones adecuadas para la síntesis prebiótica de materia orgánica. Se ha propuesto que estos sitios asemejan algunos ambientes de la Tierra primitiva con gradientes de temperaturas de 25 a 250°C, sistemas conformados por líquidos con gases y compuestos disueltos (Harvey, 1924; Holm, 1992). En este tipo de ambientes pudo haberse degradado la materia orgánica presente, pero también pudo promover la síntesis de moléculas orgánicas más complejas con alguna posible relevancia para el origen de la vida (Holm, 1992). El estudio de los nitrilos y cianuros simples, compuestos que presentan el grupo ciano (-C#N) es relevante en la EQ, ya que pueden producir moléculas más complejas, como las bases nitrogenadas (Russell y Hall, 1997), un ejemplo de este grupo es el acetónitrilo, CH₃CN. Adicionalmente, se ha propuesto la posible participación de los minerales y su relevancia en la EQ, sugiriendo que podrían servir como: 1) agentes de adsorción de monómeros, 2) agentes catalíticos y 3) sitios de protección para evitar la degradación de moléculas (Bernal, 1951). La pirita (FeS₂) es un sulfuro de hierro y es el mineral sulfurado más abundante en los SH. El presente trabajo se enfoca en estudiar la estabilidad del acetónitrilo en un símil simple de un SH subaéreo para evaluar el posible rol protector/catalizador de la pirita en estos sistemas. Para cumplir los objetivos, se elaboraron experimentos de sorción y de termólisis a 92°C, 180°C y 220°C de sistemas acetónitrilo-pirita, obteniendo como resultado la transformación del acetónitrilo, sin embargo, más estudios se continúan realizando para identificar y cuantificar los productos de reacción. Las técnicas de análisis químico realizadas para obtener los resultados de este trabajo son termogravimétricas, espectroscópicas, cromatografía de gases-FID y cromatografía de gases acoplado a un detector de masas. Agradecimientos a los proyectos PAPIIT IN114122, IA201924 y IA101324 por el financiamiento de este trabajo. Al apoyo de C. Camargo-Raya, J. de la Rosa-Canales, P. Molina-Sevilla, B. Leal-Acevedo, J. Gutiérrez-Romero, M. en C. María José Rodríguez Albarrán, E. Palacios-Boneta, M. Cruz-Villafañe y J. Rangel-Gutiérrez. Referencias. Harvey, R.B. (1924). Enzymes of thermal algae. Science. University of Minnesota. Holm, N.G. (1992). Marine hydrothermal systems and the origin of life. Kluwer, Academic, Dordrecht. 242 pp. Russell, M. J., Hall, A. J. (1997). The emergence of life from iron monosulfide bubbles at a submarine hydrothermal redox and pH front. Journal of the Geological Society. J.D. Bernal. (1951). The physical basis of life, Routledge and Paul.

SE03-19 CARTEL

COMPORTAMIENTO DEL ÁCIDO FÓRMICO Y EL ION FORMIATO BAJO CAMPOS DE RADIACIÓN IONIZANTE: EXPERIMENTOS DE QUÍMICA PREBIÓTICA DESDE UNA PERSPECTIVA NUMÉRICA

Paredes Arriaga Alejandro¹, López-Isas Anayelly², Frias Diego³, Rivera Ana L.², Cordero Tercero Guadalupe⁴, Ramos Bernal Sergio² y Negrón Mendoza Alicia²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra / Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

²Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

³Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Universidade do Estado da Bahia

⁴Instituto de Geofísica, UNAM

apa@ciencias.unam.mx

El ácido fórmico es una molécula que comúnmente se encuentra en el medio interestelar, y junto con otras moléculas orgánicas se considera una de las componentes esenciales de las biomoléculas. Así mismo, ha sido encontrado en cometas y meteoritas. Éste y otros ácidos carboxílicos se producen comúnmente en experimentos de química prebiótica en condiciones oxidantes y reductoras. Los posibles ambientes prebióticos varían en muchas condiciones fisicoquímicas: pH, temperatura, concentración, energías externas que generan reacciones, etc. Al irradiar el agua se generan diversos radicales libres que reaccionan con las moléculas orgánicas disueltas en el medio. El pH de la disolución también juega un papel fundamental, ya que cambia la proporción de los radicales libres formados, así como las moléculas que se encuentran en la disolución. En este trabajo analizamos el comportamiento del ácido fórmico y el ion formiato bajo campos de alta radiación ionizante en condiciones de pH variadas: pH 1, 3.75 y 9. Se proponen los probables mecanismos de reacción que tienen estas moléculas y con ello se construye un modelo matemático. Dicho modelo consiste en un sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias acopladas que representa la síntesis y pérdida de cada molécula por unidad de tiempo. Hasta ahora los modelos han mostrado una alta correlación estadística con los datos experimentales. Con estos modelos es posible seguir los cambios de concentración molar de reactivos y productos de todo el sistema y permitirán teorizar sobre el comportamiento de diferentes tipos de moléculas en escenarios difíciles de recrear en el laboratorio. Agradecimientos. Los autores expresan su gratitud con CONAHCYT (CVU 929149) por la beca otorgada y al Posgrado en Ciencias de la Tierra – UNAM. A los proyectos PAPIIT IN114122 y CONAHCYT 319118. Así como a C. Camargo-Raya por su apoyo técnico en

el Laboratorio de Evolución Química, ICN-UNAM; al Dr. B. Leal-Acevedo, Fis. J. Gutiérrez-Romero y a M. en C. M. J. Rodríguez Albarrán por la irradiación de las muestras, y a D. Marín-Lámbarrí, E. Palacios-Boneta, M. Cruz-Villafañe y J. Rangel-Gutiérrez por el apoyo técnico. Este trabajo fue realizado y apoyado por el Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM.

SE03-20 CARTEL

PROCESOS SONOQUÍMICOS COMO POSIBLE FUENTE DE ENERGÍA EN LA TIERRA PRIMITIVA

González López Lucia Adriana¹, Ramos Bernal Sergio¹, Chacón Baca Elizabeth² y Negrón Mendoza Alicia¹

¹Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

²Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

glla@exalumno.unam.mx

La energía es un factor fundamental para iniciar transformaciones químicas. En particular, la formación de compuestos de interés prebiótico requirió la participación de varias fuentes energéticas probables. Procesos sonoquímicos que ocurren en la naturaleza pudieron contribuir como una fuente de energía a la formación de moléculas de interés prebiótico, tanto en la Tierra primitiva, como en otros ambientes extraterrestres. El objetivo de este trabajo es recrear en el laboratorio modificaciones en cianuros y nitrilos simples expuestos a una fuente de ultrasonido, recreando la interacción de estas fuentes en medios acuosos.

SE03-21 CARTEL

ESTABILIDAD DEL ÁCIDO PIRÚVICO A LA RADIACIÓN IONIZANTE EN PRESENCIA DE MINERALES ARCILLOSOS Y SUS IMPLICACIONES EN AMBIENTES PREBIÓTICOS

Rojas Vivas José Alfredo¹, Orduña Martínez Mariana² y Negrón Mendoza Alicia¹

¹Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

²Universidad Autónoma de Zacatecas

alfredo.rojas@nucleares.unam.mx

El ácido pirúvico es un compuesto orgánico considerado de gran importancia para la vida actual en la Tierra, debido a que interviene en diversos procesos metabólicos de los organismos vivos conocidos, tanto en ambientes aeróbicos como los anaeróbicos. Debido a ello, puede ser una molécula prebiótica que pudo haber impulsado el metabolismo primitivo de los primeros organismos vivos en nuestro planeta o incluso en otros objetos con interés astrobiológico. El papel del ácido pirúvico en ambientes prebióticos depende sustancialmente de factores ambientales, como la radiación ionizante incidente en la Tierra primitiva, la cual pudo proveer de energía para poder activar reacciones químicas que pudieron dar lugar a la síntesis de moléculas orgánicas más complejas e importantes para el origen y sostén de la vida. Una consideración importante es que, así como la radiación puede impulsar reacciones para la formación de compuestos más complejos, también puede favorecer la descomposición de estos, a tal grado de desaparecerlos por completo del entorno. En este sentido, también hay que tomar en cuenta el posible papel protector que tienen los minerales arcillosos en la química prebiótica, los cuales pueden proveer de protección a algunas moléculas de los factores ambientales externos. En este trabajo, evaluamos la estabilidad del ácido pirúvico ante la radiación ionizante, en presencia de minerales arcillosos simulando ambientes prebióticos en la Tierra y otros lugares con interés astrobiológico. Para ello, se prepararon diferentes disoluciones acuosas de ácido pirúvico con minerales arcillosos, exponiéndolos a la radiación ionizante emitida por fuentes de 60Co, identificando los productos de la exposición, así como la cuantificación del ácido pirúvico remanente de la radiación, utilizando técnicas analíticas como los son, UV-VIS, HPLC-UV y CG-EM. Nuestros resultados obtenidos dan un indicio de la relevancia del ácido pirúvico como posible materia prima en las reacciones de química prebiótica; así como, su estabilidad y detección futura fuera de nuestro planeta.

SE03-22 CARTEL

EFFECTO DE LA RADIACIÓN IONIZANTE SOBRE SULFATOS DE CALCIO Y SUS IMPLICACIONES EN EL ESTUDIO DE LA SUPERFICIE DE MARTE, POR MEDIO DE TÉCNICAS ACOPLADAS TGA-MS

Molina Sevilla Paola, De la Rosa José y Cruz-Castañeda Jorge A.

Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

paolam@nucleares.unam.mx

Marte ha sido durante mucho tiempo el objeto de estudio principal para la búsqueda de vida fuera del planeta Tierra, esto debido a que en el pasado geológico ha compartido condiciones similares a las de nuestro planeta, aunado a su accesibilidad en nuestro entorno planetario. Por otro lado, se han encontrado indicios que en algún momento la superficie de Marte estuvo cubierta de agua líquida y contaba con condiciones similares a las existentes en la Tierra primitiva. No obstante, sufrió procesos de evaporación de agua, cambios geoquímicos y geomorfológicos aún no establecidos, que muy probablemente no pudieron sostener la vida, pero lo suficiente para que esta pudiera surgir, de ahí que se evalúa la habitabilidad presente o pasada del planeta por medio de la estrategia de seguir la huella del agua de la NASA

Con estas ideas, se concibió la misión Mars Science Laboratory (MSL), que consiste en un vehículo explorador denominado Curiosity, lanzado en el 2011 y amartizando el 6 de agosto de 2012 en el cráter Gale. Este cráter posee características geológicas interesantes, en cuya parte central se encuentra un monte estratificado conocido como monte Sharp, en cuya base se han identificado minerales hidratados como sulfatos, jarosita, hematita y arcillas. La presencia de minerales de origen evaporítico como sulfatos y carbonatos, no sido fácil de determinar en la superficie marciana, esto debido a que existan variables que puedan afectar dichos minerales tal como lo es la radiación ionizante. Por lo que en el presente trabajo se presentan los datos preliminares del análisis de sulfatos de calcio deshidratados y anhídros que fueron sometidos a una dosis de 2 MGy por medio de una fuente de rayos de rayos-# (60Co) durante 205 horas, y analizados por medio de la técnica TGA-DSC-MS. Para estos resultados no hay una diferencia significativa que demostrará la influencia de la radiación ionizante en la estructura de los sulfatos, sin embargo, la técnica de análisis mostro gran reproducibilidad como técnica de análisis al ser semejante a la utilizada por la sonda Curiosity.

SE03-23 CARTEL

VAALBARA, UN CONTINENTE ANTIGUO: UN ESCENARIO DE EVOLUCIÓN MOLECULAR PARA LA SÍNTESIS DE AMINOÁCIDOS DE RELEVANCIA PREBIÓTICA EN LA TIERRA PRIMITIVA

Bejero Sandoval Sinuhe y Heredia Barbero Alejandro
Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM
bejero666@gmail.com

Vaalbara, uno de los primeros supercontinentes formado entre 3.6 y 2.8 mil millones de años atrás durante el eón Arcaico, fue un escenario clave para la evolución molecular y la síntesis de aminoácidos en la Tierra primitiva. Compuesto por cratones antiguos como el Kaapvaal y el Pilbara, Vaalbara ofrece pistas sobre las condiciones que pudieron favorecer la vida. La actividad tectónica en Vaalbara creó ambientes energéticos con rocas sometidas a estrés mecánico que generaban especies reactivas de oxígeno y radicales libres. Estas especies pudieron haber inducido reacciones químicas para formar aminoácidos. Los cratones, ricos en minerales como silicatos y óxidos metálicos, actuaron como catalizadores para la síntesis de aminoácidos, facilitando su polimerización en péptidos. Además, la composición química de los cratones, con elementos como hierro y azufre, creó condiciones redox favorables para reacciones químicas complejas y la acumulación de moléculas orgánicas. La atmósfera primitiva y la intensa radiación solar contribuyeron a la formación de aminoácidos mediante fotólisis y otras reacciones fotoquímicas. Las fracturas tectónicas también dieron lugar a sistemas hidrotermales que proporcionaron un entorno ideal para la síntesis de aminoácidos y otros compuestos orgánicos. En conjunto, Vaalbara, con su tectónica activa, mineralogía favorable y condiciones ambientales extremas, jugó un papel fundamental en la evolución molecular y la formación de los bloques básicos de la vida. Estos procesos fueron cruciales para la química prebiótica y la evolución de las primeras formas de vida. Agradecimientos al proyecto y la beca PAPIIT-IN205522 por el financiamiento de este trabajo. Al apoyo del ICN y de todo el personal del laboratorio de Evolución química. Bibliografía 1. Daniel, Isabelle, Philippe Oger, y Roland Winter. «Origins of life and biochemistry under high-pressure conditions». *Chemical Society Reviews* 35, n 10 (2006): 858-75. 2. Hassan, Hosni M, Joan R Schiavone, y C Bryant. «The role of oxygen free radicals in biology and evolution». *Metazoan life without oxygen*, 1991, 17-37. 3. Kock, Michiel O de, David AD Evans, y Nicolas J Beukes. «Validating the existence of Vaalbara in the Neoproterozoic». *Precambrian Research* 174, n 1-2 (2009): 145-54. 4. Lahav, N, y S Chang. «The possible role of solid surface area in condensation reactions during chemical evolution: reevaluation». *Journal of molecular evolution* 8 (1976): 357-80. 5. Maruyama, S, M Ikoma, H Genda, K Hirose, T Yokoyama, y M Santosh. «The naked planet Earth: most essential pre-requisite for the origin and evolution of life». *Geoscience Frontiers* 4, n 2 (2013): 141-65. 6. Rimola, Albert, Mariona Sodupe, y Piero Ugliengo. «Aluminosilicate surfaces as promoters for peptide bond formation: An assessment of Bernal's hypothesis by ab Initio methods». *Journal of the American Chemical Society* 129, n 26 (2007): 8333-44. 7. Wingate, MTD. «A palaeomagnetic test of the Kaapvaal-Pilbara (Vaalbara) connection at 2.78 Ga». *South African Journal of Geology* 101, n 4 (1998): 257-74.

SE03-24 CARTEL

EL POTENCIAL DE LOS COMPLEJOS ORGANOMETÁLICOS EN ENSAYOS DE QUÍMICA PREBIÓTICA

Lerin Morales Karen Melissa¹, Cruz Hernández Abigail Elvira¹ y Colín García María²

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Instituto de Geología, UNAM

mel.lerin@comunidad.unam.mx

Los metales están presentes en todos los organismos de diversas formas. El 30% de todas las proteínas están unidas a metales de transición y 40% de las reacciones enzimáticas son procesadas por metalo-enzimas. El metabolismo de los seres vivos actuales está controlado por un gradiente de iones metálicos. Los metales pueden formar dos tipos de compuestos con moléculas orgánicas: los compuestos metal-orgánicos que son la unión de un átomo de metal o ion y una molécula orgánica (llamada ligando), a través de un heteroátomo; y los compuestos organometálicos, donde el metal se asocia directamente con átomos

de carbono de la molécula orgánica. En este trabajo se presenta una revisión de estos compuestos y se presenta una propuesta para resaltar su papel en experimentos de química prebiótica. En escenarios de la Tierra primitiva los metales se pudieron encontrar en una amplia variedad de ambientes, pudiendo ser parte de minerales formadores de las primeras cortezas, o como elementos traza en rocas abundantes. Además, debido al interperismo se pudieron haber encontrado disueltos en el océano primitivo. En ambientes extraterrestres también es posible encontrar metales, formando parte en la composición de meteoritos, cometas y partículas de polvo (interplanetario o interestelar). En los experimentos de química prebiótica, a pesar de que se han utilizado minerales que contienen metales y cationes metálicos, los términos organometálico o metal-orgánico no se utilizan habitualmente, y a menudo están «ocultos» en el texto. Sin embargo, es importante considerarlos por su potencial como catalizadores de reacciones de síntesis y polimerización. Además, ambos pudieron actuar como estabilizadores de moléculas orgánicas, ya que varios compuestos organometálicos y metal-orgánicos tienen alta estabilidad térmica, lo que pudo proteger a las moléculas orgánicas de la descomposición. Se ha observado que estos compuestos tienen alta selectividad química, lo que pudo haber influenciado la formación de moléculas específicas. Incluso se ha propuesto que los complejos organometálicos y metal-orgánicos pudieron ser los predecesores de las enzimas. Por ello, los compuestos que incluyen metales y moléculas orgánicas representan una oportunidad única para explorar cómo ocurrió la transición de moléculas sencillas hacia moléculas muy complejas en escenarios prebióticos.

SE03-25 CARTEL

SISTEMAS DE SORCIÓN ESTÁTICOS Y DINÁMICOS EN SUPERFICIES MINERALES PARA EXPERIMENTOS DE QUÍMICA PREBIÓTICA

Cruz Hernández Abigail Elvira¹, Lerin Morales Karen Melissa¹ y Colín García María²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

abigaeta@comunidad.unam.mx

Uno de los objetivos de la química prebiótica es el estudio de las interacciones de las moléculas orgánicas de importancia biológica con superficies minerales. Los minerales, además de ser ubicuos y muy antiguos sobre la Tierra, son capaces de retener moléculas orgánicas lo que pudo ser un mecanismo importante de concentración y de protección contra la degradación de éstas en ambientes prebióticos. Actualmente, la mayoría de los experimentos que se realizan para entender el mecanismo de adsorción son experimentos estáticos, los cuales son suspensiones, compuestas por el mineral en polvo y una disolución (con volumen y concentración conocidos) de la molécula orgánica. Por otro lado, los sistemas dinámicos consisten en dispositivos que contienen un lecho adsorbente del mineral por el cual pasa un flujo continuo de la molécula orgánica en disolución. En ambos sistemas la sorción se lleva a cabo por el mismo proceso fisicoquímico, cuyo primer paso es la difusión externa. En esta difusión las moléculas se transfieren de la disolución a la superficie, por la diferencia de concentración entre ambas. La diferencia principal entre un sistema estático y uno dinámico es que en el estático la concentración en la disolución disminuye conforme avanza la sorción y en un sistema dinámico, la concentración de moléculas es constante, por el flujo continuo de una disolución nueva. Ambos sistemas son útiles para simular las interacciones entre superficies geológicas y moléculas orgánicas, dado que se pueden emular diferentes escenarios. Los sistemas dinámicos pueden simular ambientes prebióticos más diversos, por ejemplo, ambientes con ciclos de deshidratación-hidratación (wet/dry), ambientes hidrotermales subacuáticos o subaéreos (ambientes con gradientes de concentración) y cualquier otro ambiente donde haya existido la síntesis continua de moléculas orgánicas. Por otra parte, los experimentos de sorción estáticos pueden ser buenos modelos para simular sistemas donde la entrada de orgánicos es discontinua, como charcas, lagos y lagos creados por cráteres de impacto, materia orgánica en meteoritos y núcleos cometarios. Tanto los sistemas estáticos como los dinámicos (continuos) tienen ventajas y limitaciones. En primer lugar, respecto a la dificultad para realizar los experimentos; los parámetros que se pueden aplicar o controlar; las técnicas analíticas que se pueden, o no, utilizar para analizar las muestras; el tiempo necesario para realizar los ensayos; el tratamiento previo de los minerales, entre otros. Los trabajos realizados en química prebiótica a partir de sistemas continuos no son abundantes y representan una nueva área de estudio que pueden complementar la investigación ya realizada usando sistemas estáticos.

Sesión especial

PATRIMONIO GEOLÓGICO Y GEODIVERSIDAD

Organizadores

Gerardo de Jesús Aguirre-Díaz
Carles Canet-Miquel
Geraldine Verónica Vázquez-Alarcón

SE04-1

EL TRIÁNGULO SAGRADO DE QUERÉTARO: PATRIMONIO GEOLÓGICO DEL PROYECTO A GEOPARQUE MUNDIAL UNESCO

Vázquez Alarcón Geraldine V.¹ y Aguirre-Díaz Gerardo de Jesús²¹Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias, UNAM²Universidad Nacional Autónoma de México

geraldinevazal@ciencias.unam.mx

El Triángulo Sagrado se ubica en parte centro-sur del Estado de Querétaro, y conforma el Valle Sagrado de la cultura Otomí-Chichimeca que tiene como vértices a la Peña de Bernal por el sur, al volcán El Zamorano por el poniente, y al Cerro El Frontón por el oriente. Se encuentra entre la intersección de las provincias geológicas Sierra Madre Oriental (cordillera plegada del Mesozoico), Sierra Madre Occidental (vulcanismo del Terciario medio), y el Cinturón Volcánico Mexicano (faja volcánica del Neógeno-Cuaternario). Entre los geositos se incluyen a: El Cerro El Frontón, que contiene a las rocas más antiguas del geoparque del Triásico (240 Ma), y está coronado por un domo dacítico del Mioceno; el volcán El Zamorano de 11-12 Ma, la montaña más elevada del estado, y la Peña de Bernal que es el vértice más popular con mediciones de Aguirre-Díaz et al. (2013 Geosphere) resulta ser probablemente el monolito más alto del mundo (433 m), y es definido como un domo dacítico tipo espina de 8.7 Ma. Considerado como Monumento Natural del Estado de Querétaro y patrimonio inmaterial UNESCO desde el 2009 por la relevancia cultural y tradiciones de los pueblos originarios de Querétaro. Estos sitios representan piezas claves del patrimonio para comprender la diversidad geológica del territorio en conexión con el patrimonio natural, cultural, e intangible. Las condiciones abióticas generadas por la geomorfología, dan origen y condicionan a los diversos ecosistemas, suelos, flora y fauna que se encuentran en los tres vértices lo que nos presenta un entorno geodiverso, biodiverso y con riqueza cultural por sus múltiples festividades y tradiciones que forman parte del patrimonio cultural e intangible en conexión con el patrimonio geológico de la región.

SE04-2

IGNIMBRITAS Y BRECHAS CO- IGNIMBRÍTICAS EN LA COLINDANCIA DE LOS ESTADOS DE QUERÉTARO E HIDALGO

Ubach-Cozatl María Eugenia y Aguirre-Díaz Gerardo de Jesús

Instituto de Geociencias, UNAM

ubachme@gmail.com

En la colindancia de los estados Querétaro e Hidalgo identificamos una secuencia piroclástica que incluye ignimbritas de grandes espesores que contienen brechas líticas co-ignimbriticas. Esta secuencia sobreyace discordantemente a rocas volcánicas de composición intermedia muy intemperizadas y con intensa alteración hidrotermal que podrían correlacionarse con el Grupo Pachuca. En la región de Querétaro-Hidalgo se interceptan las provincias volcánicas de la Sierra Madre Occidental y el Cinturón Volcánico Mexicano. Ambas provincias incluyen ignimbritas félsicas, que pueden ser diferenciadas por su volumen y edad. En este estudio se está realizando la cartografía geológica de las ignimbritas, y en el proceso, se identificaron brechas líticas co-ignimbriticas que sugieren proximidad a su fuente de emisión. Las brechas están siendo caracterizadas en cuanto a tamaño, distribución relativa, y abundancia de los líticos respecto a la matriz que los contiene, aplicando dos técnicas independientes de análisis de imágenes, 1) método de intersecciones de Rosiwal, y 2) método de polígonos con QGIS. El área de estudio se incluye en el marco del Proyecto de Geoparque Mundial Triángulo Sagrado y su colindancia con los límites estatales de Guanajuato e Hidalgo. Las ignimbritas son parte importante de la geodiversidad del geoparque, que es la principal característica de éste. Por lo que documentar y registrar localidades nuevas (geositos), es requisito en el desarrollo del conocimiento de la geología del geoparque en lo particular y de la provincia volcánica a la que pertenecen en lo general. Este trabajo es financiado por el proyecto PAPIME-DGAPA-UNAM PE101324.

SE04-3

LOS DOMOS RIOLÍTICOS DEL SECTOR CENTRO- ORIENTAL DEL ESTADO DE QUERÉTARO: DESCRIPCIÓN DE SITIOS DE INTERÉS DEL PROYECTO GEOPARQUE MUNDIAL UNESCO TRIÁNGULO SAGRADO

Carrasco-Vega Yessica y Aguirre-Díaz Gerardo de Jesús

Instituto de Geociencias, UNAM

yessicavcv@ciencias.unam.mx

Los domos riolíticos se encuentran en diferentes situaciones geológicas, ya sea en calderas (clásicas, tipo graben, o tipo cima), o de manera aislada formando montañas, o dentro de cráteres de estratovolcanes. En la región de Tequisquiapan-Cadereyta, Querétaro, hay domos que han sido poco estudiados, como por ejemplo, los domos La Laja y La Trinidad. Por su ubicación en la parte central del Cinturón Volcánico Mexicano (CVM) este vulcanismo se asociaría a la subducción de margen continental a lo largo de la Trinchera Mesoamericana. En este estudio se está realizando la cartografía, geoquímica y geocronología de estos domos en Querétaro. El área de estudio es parte del Proyecto Geoparque Mundial UNESCO Triángulo Sagrado, por lo que es importante recopilar la información antes mencionada para definir los domos como nuevos sitios de interés y aportar nuevo conocimiento científico para su divulgación en el contexto de Geoparques, Geoturismo y Geoconservación. Financiado por el Proyecto DGAPA-UNAM-PAPIME PE102822 Y PE-101324. YVCV agradece beca CONAHCYT.

SE04-4

GEOLOGÍA DE LOS VOLCANES CHICHIMEQUILLAS Y LA JOYA, QUERÉTARO: GEOZONAS DEL PROYECTO GEOPARQUE MUNDIAL UNESCO TRIÁNGULO SAGRADO

Pielli Franco¹ y Aguirre Díaz Gerardo²¹Universidad Nacional Autónoma de México²Instituto de Geociencias, UNAM

francopielli108@ciencias.unam.mx

Los volcanes Chichimequillas y La Joya son estratovolcanes del Mioceno ubicados al norte de la ciudad de Querétaro, dentro de los municipios del Marqués y Querétaro, respectivamente. Son definidos como geozonas del Proyecto Geoparque Mundial UNESCO Triángulo Sagrado por incluir varios sitios de interés en el contexto geológico de cada uno. Por su belleza natural y la conservación de sus ecosistemas de montaña desarrollados en sus cimas resultan ser sitios idóneos para la realización de actividades geoturísticas (senderismo, campismo, etc.) y educativas (prácticas y visitas escolares). Para ser definidos como geozonas se requiere conocer su historia geológica, por lo que fue necesario realizar las revisiones y estudios geológicos correspondientes. La Joya es el volcán más conocido de los dos volcanes, con un reporte geológico previo (Valdez-Moreno et al., 1998), y por incluir el área natural protegida y parque ecoturístico Joya-La Barreta. Sin embargo, fue necesario realizar una revisión y actualización de sus características geológicas. Por otro lado, el volcán Chichimequillas ha sido solamente mencionado en estudios regionales, pero nunca estudiado propiamente, siendo éste el primer estudio geológico enfocado en este volcán. Estos volcanes se ubican dentro de la zona centro-norte del Cinturón Volcánico Mexicano (CVM), que generalmente es la de mayor antigüedad de la provincia volcánica. La Joya es un estratovolcán andesítico-dacítico de 10 a 11 Ma, formado por gruesos derrames de lavas dacíticas-andesíticas, depósitos de flujos de bloques y cenizas y algunas ignimbritas. El Chichimequillas es un estratovolcán andesítico-basáltico de aproximadamente 12 Ma de antigüedad formado por múltiples flujos de lavas, un domo andesítico intra-cráter, además de estar afectado por intrusiones máficas. Yace sobre ignimbritas oligocenas pertenecientes a la provincia geológica de Sierra Madre Occidental. Una característica en común que tienen ambos volcanes es su erosión, La Joya tiene un amplio "cráter" de 3x5 km, que es en realidad un circo de erosión formado a partir de la erosión del cráter original, siendo ésta la característica distintiva de este volcán. El Chichimequillas, por su antigüedad y avanzada erosión, no muestra una morfología típica de estratovolcán. En los dos volcanes esta erosión fue debida a una intensa actividad hidrotermal, al final de sus respectivos periodos de actividad volcánica. Tanto La Joya como el Chichimequillas se encuentran entre los estratovolcanes más

antiguos del CVM, particularmente el Chichimequillas con sus 12 Ma de antigüedad, es candidato a ser el estratovolcán más antiguo reportado perteneciente a esta provincia geológica, por lo que puede ser considerado como un sitio de patrimonio geológico

SE04-5

MAPA GEOTURÍSTICO DEL PROYECTO GEOPARQUE MUNDIAL UNESCO TRIÁNGULO SAGRADO

Aguirre-Díaz Gerardo de Jesús¹ y Pielli Espinosa Franco²

¹Instituto de Geociencias, UNAM

²Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias, UNAM
ger@geociencias.unam.mx

Se elaboró el mapa geoturístico del Proyecto Geoparque Mundial UNESCO Triángulo Sagrado (geoparque para brevedad), el cual formará parte del Libro Guía de este geoparque. El mapa abarca 5,533 km² y 9 municipios del Estado de Querétaro, incluyendo Cadereyta, Colón, El Marqués, Ezequiel Montes, Pedro Escobedo, Querétaro, San Joaquín, Tequisquiapan y Toluimán. Muestra 60 sitios de interés del geoparque y varias rutas partiendo del Pueblo Mágico de Bernal o la Ciudad de Querétaro. Los sitios incluyen temas de geodiversidad, biodiversidad, cultura y turismo. La geología mostrada está simplificada y diseñada para ser usada por el público en general. El geoparque cubre un amplio rango de tiempo geológico, desde los 245 Ma (Triásico) al Presente, e incluye secuencias de tres importantes provincias geológicas que se unen en el geoparque, la Sierra Madre Oriental (cinturón plegado mesozoico), la Sierra Madre Occidental (del Terciario medio y la provincia de ignimbritas más grande del mundo), y el Cinturón Volcánico Mexicano (<12 Ma, faja volcánica que cruza México de costa a costa con volcanes de todo tipo). Lo anterior resulta en una gran geodiversidad que es la principal característica de este geoparque. Las rutas y sitios de interés mostrados en el mapa geoturístico incluyen secuencias sedimentarias marinas del Mesozoico plegadas y grandes cabalgaduras en la ruta de la Sierra Gorda, ignimbritas gigantes del Oligoceno con prismas columnares en la ruta central, y todo tipo de formas volcánicas desde calderas a conos de escoria y la emblemática Peña de Bernal en la ruta de los volcanes. De estas rutas principales se desprenden rutas locales para diferentes geozonas y sitios de interés del geoparque. La geodiversidad se conjuga con el relieve y la biodiversidad resultando en un paisaje para disfrutar apoyándose en la información brindada por el geoparque, como por ejemplo cómo y cuándo se formaron los rasgos que observamos. Lo anterior acompañado de la riqueza cultural que incluye pirámides de zonas arqueológicas y festividades otomí-chichimeca ya inscritas como Patrimonio Cultural Intangible de la Humanidad de la UNESCO (Escaloneros de Bernal, Levantamiento del Chimal en Toluimán, Capillas Familiares, peregrinaciones a las montañas sagradas, danzas de Los Concheros). A esto se suma la comida tradicional, los productos locales artesanales y las rutas turísticas ya definidas por el gobierno de Querétaro, como las de los viñedos, el semidesierto, las Haciendas y los 6 Pueblos Mágicos ubicados dentro del polígono del geoparque. El geoturismo es el principal factor para fomentar el desarrollo económico sustentable de las comunidades de pueblos originarios y de la población en general de este geoparque, y el mapa geoturístico es un documento fundamental para este propósito, cuya distribución será gratuita. Agradecemos el financiamiento del Proyecto DGAPA-UNAM-PAPIME PE-101324 a GJAD y beca Aydt. SNI3-I1200/051/2023 a FPE.

SE04-6

MORFOMETRÍA DE LAS DUNAS DE SAMALAYUCA, NORTE DE CHIHUAHUA, MÉXICO

Domínguez Acosta Miguel¹, Langford Richard P.², Gill Thomas E.² y Alvarado Soto Sergio¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

²Universidad de Texas en El Paso, UTEP
dominguel@gmail.com

Las Dunas o Médanos de Samalayuca se localizan en el estado de Chihuahua, México, y forman parte de uno de los ergs más grandes y menos estudiados en México, y que actualmente se encuentran designadas como área de protección de flora y fauna. Este estudio presenta una caracterización morfométrica del campo de dunas, basada en datos de campo y sensores remotos, con la intención de establecer la base de entendimiento de este sistema. Sus sedimentos en tamaño de arenas finas tienen origen en los depósitos de litoral del Paleo-lago Pluvial Palomas, son transportados rumbo al este a través de un corredor eólico y depositados principalmente como dunas tipo eco en el margen oeste de las sierras de Samalayuca y del Presidio. Su morfología está influenciada por un régimen complejo de vientos provenientes del norte y del sur, los cuales complementan a los vientos prevalentes en la región provenientes del suroeste, además de los efectos topográficos impuestos por las sierras cercanas. Las dunas cubren una superficie de ~139.7 km², de los cuales, el cuerpo principal abarca ~113.8 km², mientras que el menor un área aproximada de ~25.9 km². Se describen seis tipos principales de dunas: dunas de crestas rectilíneas orientadas norte a sur, dunas de crestas rectilíneas orientadas este a oeste, dunas estrella, dunas parabólicas vegetadas, dunas transversales relictas y, dunas “megaestrella” o draa. El espaciamiento promedio del centroide de interdunas es de 76.5 m. Las dunas activas más abundantes están formadas por juegos de dunas rectilíneas, orientadas de forma cuasi-perpendicular entre ellas, con orientación general de crestas norte-sur y este-oeste, una altura promedio de 4 a 5 m y, un espaciamiento promedio de ~67 m para

las crestas norte-sur y ~53 m para las crestas este-oeste. Estas dunas previamente descritas como “aklé”, son en realidad resultado de un patrón de interferencia cuasi-perpendicular. Las dunas activas sobreyacen de forma compuesta y compleja a los remanentes relictos de cordilleras de megadunas transversales orientadas NNO, las cuales presentan un espaciamiento promedio de ~1 km y altura de ~50 m. La cordillera de mayor relieve presenta un grupo de aproximadamente 15 dunas activas de tipo megaestrella e inversas de hasta 120 m de altura, las cuales incrementan en tamaño y complejidad de sur a norte. Acorde con su estatus de área de protección ecológica y su gran valor geológico e histórico, es necesario continuar con la investigación que permita garantizar la preservación este imponente y bello monumento geológico.

SE04-7

GEODIVERSIDAD VOLCÁNICA EN LA MESETA PURÉPECHA, MICHOACÁN, MÉXICO: UNA APROXIMACIÓN A FUTUROS PLANES DE GEOCONSERVACIÓN

García Adrián¹, Silva José Teodoro¹ y Saucedo Ricardo²

¹Instituto Politécnico Nacional, IPN

²Universidad Autónoma de San Luis Potosí
adrian.lmr@gmail.com

Los campos volcánicos son áreas que poseen una alta geodiversidad en términos de sus estructuras y productos eruptivos. La geodiversidad volcánica ha sido utilizada en diversas ocasiones como un punto de partida para la generación de planes de geoconservación que buscan la protección de estos elementos de la naturaleza que moldean el paisaje. En este estudio se generó un esquema de clasificación de la geodiversidad volcánica de la Meseta Purépecha (3,840 km²) región que forma parte del Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (CVMG), al centro-oeste del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (CVTM). Fueron identificadas 348 geoformas volcánicas divididas en seis categorías (conos monogenéticos, conos colapsados, domos de lava, volcanes escudo, estratovolcanes y cráteres de explosión) formadas en un amplio espectro de actividad volcánica que va desde erupciones hawaianas con fuentes de lava, pasando por erupciones estrombolianas y estrombolianas fuertes, hasta grandes erupciones explosivas, que, en su conjunto, han moldeado el paisaje de la región en una compleja historia eruptiva. Se produjo un inventario de geoformas que contiene el nombre de la estructura, ubicación dentro de la meseta, tipo de estructura y actividad asociada. A partir de esta información se llevó a cabo un análisis de Kernel para determinar la densidad espacial de las geoformas volcánicas, lo que está directamente relacionado con las zonas más susceptibles a presentar nueva actividad dentro de un campo volcánico, y, por lo tanto, a las zonas de mayor debilidad estructural ya que permiten un mayor volumen de ascenso de magma a la superficie. Se propusieron ocho miradores de paisaje volcánico de fácil acceso donde es posible contemplar la geodiversidad en términos de cantidad y variedad de geoformas volcánicas, las escenas están conformadas por hasta diecisiete estructuras distintas y depósitos relacionados. Los resultados de este trabajo buscan ser la base para la designación de futuros geomorfositos en la Meseta Purépecha, lo que permitiría desarrollar programas enfocados en la geodiversidad y el geoturismo. Finalmente, la evaluación aquí generada está dirigida tanto al sector académico como al público en general.

SE04-8

GEOPATRIMONIO EN ESTADOS UNIDOS: DE AFLORAMIENTOS ROCOSOS A GEOPARQUES

Bailey Christopher

William & Mary

cmbail@wm.edu

El geopatrimonio es un concepto ampliamente definido con amplios significados en diferentes comunidades de geociencias. Como profesor universitario en sitios de campo locales, regionales e internacionales, he trabajado para hacer que la historia detrás de la geología de afloramientos únicos sea accesible a una audiencia más amplia, no solo a los geólogos. Durante la última década, con un grupo de estudiantes investigadores hemos creado guías de campo, mapas de historias y videos de sitios geográficos importantes en Virginia, Utah y Omán. En mi función como presidente de la Sociedad Geológica de América, estamos centrando la atención en el Geopatrimonio en todo Estados Unidos al asociarnos con el Consejo Asesor sobre Geopatrimonio de EE. UU. existente. El objetivo es acercar la importancia de la geología al público en sitios geográficos especiales, como parques nacionales y estatales, pero también desarrollar una comprensión más amplia de las diferencias regionales relacionadas con la geología, la topografía y la hidrología.

SE04-9 CARTEL

PATRIMONIO GEOLÓGICO EN LA RUTA DE LA AMISTAD, CIUDAD DE MÉXICO

Zavala Hernández Damaris¹, Noëlle Guilbaud Marie², Rodríguez Osnaya Eduardo¹, Peña Hoyos Omar Isai¹ y Olivares Cruz Javier Aldair¹

¹Facultad de Ingeniería, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

damiizh22@gmail.com

La Ciudad de México, una de las áreas urbanas más grandes del mundo, se encuentra en una zona volcánicamente activa, lo que conlleva riesgos significativos para la sociedad. Sin embargo, esta actividad volcánica también crea paisajes y espacios que proveen servicios ecosistémicos esenciales, los cuales, desafortunadamente, han sido alterados por la urbanización. Quedan pocas áreas que conservan remanentes de los paisajes antiguos, como lo son los sitios de Japón e Italia dentro de la Ruta de la Amistad, un espacio escultórico creado para los Juegos Olímpicos de 1968. Dicha ruta es un proyecto artístico que simbolizó la paz y la amistad entre los países, representando el espíritu olímpico de la temporada. Se compone de 19 esculturas monumentales que fueron colocadas a lo largo de Periférico Sur, una de las principales avenidas de la Ciudad. Abandonadas después del evento, estas fueron rescatadas gracias a una asociación civil, lo cual permitió recuperar el patrimonio tanto cultural como natural de la ruta. En efecto, algunos de los sitios de la ruta albergan estructuras lávicas excepcionalmente conservadas, principalmente lavas con estructuras cordadas típicas de los flujos de lava tipo pahoehoe, que emergieron del Volcán Xitle 1,670 años antes del presente. El objetivo de este trabajo es establecer con precisión las características morfológicas y petrológicas de los afloramientos de lava en los sitios de Japón e Italia, para una mejor interpretación de las condiciones de emplazamiento de las coladas, lo cual enriquece la información disponible tanto para los estudios vulcanológicos como para actividades de geoeducación en estos sitios. Los métodos incluyen la cartografía de los sitios mediante fotos aéreas tomadas con dron, complementada por un detallado mapeo en campo en el que se ubicaron, midieron y describieron las estructuras morfológicas presentes (grietas prominentes, cuevas, unidades, lavas cordadas). También se realizó el muestreo de superficie y en ciertos puntos, del interior, de las diferentes unidades de roca identificadas, que se estudiaron en el laboratorio mediante la elaboración de láminas delgadas. De igual forma, se realizó un análisis químico de roca total, el cual permite comparar la composición de las diferentes unidades que se emplazaron en los sitios sucesivamente. Los resultados obtenidos aportan significativamente a estudios preexistentes relacionados con las lavas del Xitle y destacan la gran diversidad geológica, tanto morfológica como textural y petrográfica, que existe en pequeños sitios preservados. En conclusión, los sitios de Japón e Italia en la Ruta de la Amistad, con sus estructuras lávicas bien conservadas, no solo tienen un alto potencial para la geoeducación, sino que también ofrecen una valiosa oportunidad para entender mejor los riesgos volcánicos y promover la conservación de los escasos espacios históricos y naturales que permanecen dentro de la Ciudad de México.

SE04-10 CARTEL

RECONOCIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DEL GEOPATRIMONIO EN EL ESTADO DE MICHOACÁN, MÉXICO: CASO DE LOS VOLCANES EN EL ÁREA DEL LAGO DE PÁTZCUARO

Sánchez-Núñez Juan Manuel¹, Serrano Flores María Elena¹, Gómez Vasconcelos Martha Gabriela², Cisneros Máximo Guillermo³, Avellán López Denis Ramón⁴ y Jiménez López Luis Ángel¹

¹Instituto Politécnico Nacional, CIIEMAD

²CONAHCYT Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH

³Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

⁴CONAHCYT Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM

sanchez0120@gmail.com

Con la finalidad de definir y conocer el potencial del paisaje geológico en el Lago de Pátzcuaro y sus inmediaciones, se desarrolla esta investigación sobre las características de los volcanes localizados en esta región (sureste del campo volcánico Michoacán-Guanajuato). En las últimas décadas, cientos de edificios volcánicos del campo se han visto afectados por constituir una fuente de materia prima para la minería, en especial la industria de la construcción y el turismo de masas. Por esta razón, gran parte del paisaje geológico en el área del Lago de Pátzcuaro ha sido modificado y en ocasiones destruido en su totalidad. Por lo anterior, es indispensable realizar un reconocimiento y evaluación del estado actual que presenta el paisaje geológico de esta importante región del estado de Michoacán. A través de este estudio, se determinarán las características favorables para implementar acciones de geoconservación encaminadas al conocimiento y cuidado del patrimonio geológico. En este estudio se utilizan herramientas de percepción remota y Sistemas de Geoposicionamiento Global para el manejo de la información geográfica y ubicación de las zonas de interés geológico. También, se realizan recorridos de campo en la zona de estudio y se visitan las localidades cercanas a los atractivos geológicos. Los resultados hasta ahora obtenidos son: un diagnóstico de los sitios con potencial para ser propuestos como geositiros, diferentes mapas temáticos de las características físicas del área y una propuesta para la práctica geoturística en el volcán El Estribo, con miras a la geoconservación de esta estructura volcánica y su evaluación como geositio bajo los criterios de la UNESCO.

Esta investigación puede beneficiar a las comunidades, autoridades y a tomadores de decisiones, ya que está orientada a la identificación y el rescate de la belleza escénica, el valor científico y el significado educativo del Lago de Pátzcuaro, ya que estos constituyen un patrimonio tangible e intangible del estado de Michoacán.

Sesión especial

RECONSTRUCCIÓN PALEOCLIMÁTICA: REGISTROS CONTINENTALES Y MARINOS

Organizadores

Claudia Magali Chávez Lara
Margarita Caballero

SE05-1

CAMBIO EN EL RÉGIMEN DE INCENDIOS ASOCIADO CON LA COLONIZACIÓN EUROPEA EN EL CENTRO-ESTE DE MÉXICO

Torres Rodríguez Esperanza¹, Figueroa Rangel Blanca L.², Caballero Margarita³,
Valera Fernández Daisy¹, López-Méndez Daniela⁴ y Lozano García Socorro¹

¹Instituto de Geología, UNAM²Centro Universitario de la Costa Sur, UdG³Instituto de Geofísica, UNAM⁴Facultad de Ciencias, UNAM

esperanzatr@geologia.unam.mx

En este estudio, utilizamos un registro de carbón vegetal sedimentario de aproximadamente 850 años extraído del Lago Atezca, Hidalgo, para reconstruir la historia de los incendios, su recurrencia y severidad. Presentamos información novedosa sobre morfotipos de carbón como indicadores de tipos de combustible y eventos de incendios. Con base en este registro, se infieren regímenes de incendios pasados según la magnitud y el patrón temporal de los picos de carbón identificados. Los resultados mostraron un cambio en el régimen de incendios de quemaduras desarrolladas a escala local, caracterizadas por incendios de alta severidad, intervalos cortos de retorno de incendios (< 55 años) y una quema predominada de árboles y arbustos, a quemaduras a escala regional, observadas notablemente durante la Conquista Española en México. Este último período se caracterizó por incendios de baja severidad (intervalo de retorno de incendios > 150 años) y una mayor quema de hierbas y pastos. La llegada de los españoles implicó cambios en el uso del suelo asociados con el uso del fuego, como lo indican los cambios en el aporte detrítico, específicamente un aumento en el contenido de titanio (Ti) en el registro sedimentario, lo que sugiere un cambio hacia modificaciones del paisaje a mayor escala. La evolución de los regímenes de incendios en el Lago Atezca parece haber estado impulsada por una combinación de actividades antropogénicas, como los cambios en el uso del suelo asociados con la colonización europea, y condiciones climáticas, incluidos eventos de sequía.

SE05-2

CAMBIO CLIMÁTICO Y AMBIENTAL DURANTE EL ARCAICO Y EL FORMATIVO EN EL CENTRO DE MESOAMÉRICA

Caballero Margarita¹, Lozano Socorro², Torres Esperanza²,
Ortega Beatriz¹, Soler Ana María¹ y Montero Donaj²

¹Instituto de Geofísica, UNAM²Instituto de Geología, UNAM³Dirección de Salvamento Arqueológico, Instituto Nacional de Antropología e Historia

maga@igeofisica.unam.mx

La parte sur de la Cuenca de México fue una zona lacustre de gran importancia en el desarrollo cultural temprano de Mesoamérica, con asentamientos sedentarios que datan de hace 8,000 a 7,500 años antes del presente (AP). Este estudio reporta evidencias de cambios climáticos y ambientales que ocurrieron durante estas etapas tempranas de desarrollo cultural, durante los periodos Arcaico (11,500 – 4,000 años AP) y Formativo (4,000 – 2,000 años AP). Se reportan resultados del análisis geoquímicos, de diatomeas, polen y partículas carbonizadas de una secuencia sedimentaria a las orillas del antiguo lago de Chalco, al sur de la Cuenca de México. Los resultados indican un nivel lacustre alto durante el Glacial tardío (11,500 a 9,500 años AP) y una transición hacia niveles lacustres más bajos durante el inicio del Holoceno. En particular durante el evento frío ocurrido hace 8,200 años AP, el sitio de estudio se secó llegando a condiciones sub-aéreas. Este momento de crisis ambiental corresponde con el establecimiento de los asentamientos sedentarios más antiguos durante el Arcaico, como los de Tlapacoya o San Gregorio Atlapulco. Condiciones cálidas y húmedas se establecen entre 7,500 y 6,500 años AP, pero este intervalo destaca por abundantes partículas carbonizadas en la secuencia que indican fuego frecuente muy posiblemente asociado con actividades humanas para lograr acceder a la orilla del lago. Condiciones relativamente húmedas durante el Formativo (3,300 a 2,000 años AP) enmarcan la expansión de los asentamientos humanos, pero es seguido por un nuevo evento de sequía y abandono al final del

Formativo. Estas tendencias climáticas en al cuenca de México fueron determinadas principalmente por el máximo en la insolación de verano y la evaporación. En particular este registro no muestra evidencias de un Holoceno temprano más húmedo o con mayor actividad del monzón mexicano. Al contrario, el Holoceno temprano es seco y las condiciones lacustres salobres en Chalco y Xochimilco, con niveles lacustre muy bajos. Este es el escenario ambiental en el que se desarrollaron los primeros asentamientos permanentes de la zona.

SE05-3

PALEOCLIMATOLOGÍA, IMPACTOS PALEOANTROPOGÉNICOS Y LA BÚSQUEDA DE INDICADORES DE AGENTES EÓLICOS EN LOS DEPÓSITOS DEL LAGO KANÁ, QUINTANA ROO

Martínez Dyrzo Haydar B.¹, Roy Priyadarsi D.¹, Gwineth Benjamin², Aragon-
Moreno Alejandro A.³, Medina-Gonzales Roger⁴ y Vargas-Martínez Irma G.¹

¹Instituto de Geología, UNAM²Département de Géographie, Université de Montréal³El Colegio de la Frontera Sur⁴Departamento de Ecología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán

haydar.martinez@geologia.unam.mx

Alrededor de 75 estudios paleoclimáticos han sido efectuados en el área Maya, principalmente en las tierras bajas del norte (Mayab). La mayoría reflejan condiciones ambientales que apoyan la hipótesis de mega sequías durante el desarrollo de la civilización Maya, incluyendo una serie de eventos de estrés hídrico contemporáneo a su colapso en el Clásico (1190 to 1140 BP). Algunos registros también se han enfocado en otras variables que podrían explicar la aparente paradoja de un florecimiento de asentamientos en la región durante los periodos de baja precipitación. Una de estas variables es la presencia de eventos eólicos que pudieron haber aportado elementos químicos generalmente ausentes en el karst y que están presentes en suelos y sedimentos de algunas de las regiones del Mayab, como lo es la región de Uaymil, de suelos ricos en hierro y con sedimentos lacustres inusualmente poco consolidados y abundante materia orgánica. Los datos preliminares de una nueva investigación fueron obtenidos mediante estudios geoquímicos de tres núcleos de sedimentos del Lago Kaná que abarcan los últimos 3000 años en la región de Uaymil. La presencia de CaCO₃ en ambientes kársticos implica que la datación por radiocarbono posiblemente cuente con el efecto de agua dura. Ante la imposibilidad de datar sedimentos en la interfase sedimento-agua debido a su poca consolidación, las edades se corrigieron modelando matemáticamente la edad de este nivel y asumiendo la edad del año de recolección. Las comparaciones con registros paleoclimáticos de la región muestran tendencias similares en sus series de tiempo. Los resultados de análisis químicos cuantitativos hechos por XRF y HiperTOC arrojan una serie de variaciones indicando el impacto humano durante algunos periodos históricos, así como los efectos de cambios climáticos relacionados con el estrés hídrico sobre los procesos superficiales como la erosión, cambio en condiciones físico-química y la actividad eólica, incluyendo la presencia de una capa de evaporita contemporánea al abandono Maya (1800 BP to 1750 BP). De igual forma, las variaciones entre los elementos de Al, Zr y Ti podrían estar relacionadas con diferentes fuentes eólicas con la posibilidad de indicar aportaciones desde otras regiones.

SE05-4

HISTORIAS DE SEQUÍAS, DINÁMICA DE LA VEGETACIÓN Y CAMBIOS LACUSTRES DURANTE EL HOLOCENO EN UNA ZONA DE TRANSICIÓN: EL REGISTRO DE LA ALBERCA DE TACÁMBARO

Lozano-García María del Socorro¹, Sosa Nájera Susana¹, Caballero Margarita² y Ortega Guerrero Beatriz²

¹Instituto de Geología, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

mslozano@unam.mx

Se presenta el registro palinológico de los últimos 9,400 años de una secuencia lacustre de la Alberca de Tacámbaro, localizada entre la región tropical y las zonas altas del centro de México. En el sitio existe un mosaico de vegetación con Bosques de Pinus y Quercus, Bosque Tropical Caducifolio y Subcaducifolio. Los datos de polen se utilizan para documentar los cambios en la composición de las comunidades terrestres y acuáticas, la tasa de cambio y la equitatividad. El bosque de Pinus y Quercus está presente durante todo el registro holocénico. Hay cuatro fases de expansión del bosque tropical caducifolio que se correlacionan con la disminución en la intensidad del Monzón Norteamericano, lo que indica que estas comunidades prosperaron durante periodos de sequía (9,200 a 8,420 años AP; 5,900 a 5,230 años AP; 3,100 a 2,800 años AP; y 2,300 a 2,000 años AP). Hay un periodo de transición entre 5,700 y 5,300 años AP donde cambian la composición de las comunidades acuáticas. Analizando la historia del mosaico de vegetación durante el Holoceno, los datos obtenidos aportan indicios sobre las respuestas de la vegetación al calentamiento global y como el cambio climático podría modelar las comunidades de plantas en el occidente de México.

SE05-5

FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS EN LA CORDILLERA DE ALARCÓN (GOLFO DE CALIFORNIA): CONDICIONES PALEOECOLÓGICAS DURANTE EL HOLOCENO TEMPRANO

Monreal Lara Eduardo, Arreguín Rodríguez Gabriela de Jesús, Treinen Crespo Christina Verónica, Alvarado Graef Patricia y Fernández Díaz Violeta Zetzangari

Universidad Autónoma de Baja California

emonreal@uabc.edu.mx

El Holoceno Temprano (11,700-8,276 años) es un periodo interglaciar caracterizado por un rápido incremento del nivel del mar y diferentes anomalías climáticas, especialmente durante la primera mitad. Estas anomalías se caracterizan por variaciones en la temperatura y la precipitación (tal como el evento 8.2k que tuvo una duración de 160 años), que han dejado distintos registros tanto en medios continentales como oceánicos, a partir de los cuales es posible reconstruir las condiciones ambientales del pasado. Uno de estos registros es la estructura y composición de las asociaciones de foraminíferos bentónicos, protistas que viven principalmente en medios marinos sobre el sedimento de forma sésil o libre, los cuales forman una concha que es fácil de preservar e identificar. Su amplia distribución y abundancia los hace ideales para el estudio de condiciones paleoecológicas, tales como condiciones de oxigenación, disponibilidad de alimento, saturación de carbonato y variación en el aporte de sedimentos. En este estudio, se analizaron muestras procedentes del núcleo D746-PC65L del sitio AR3 West ubicado en la Cordillera de Alarcón, un sistema de dispersión con una tasa de 4.9 cm/año ubicado al sur del Golfo de California. Las muestras se tamizaron en húmedo y se extrajeron alrededor de 300 foraminíferos bentónicos por muestra para su posterior identificación a nivel género (y especie, cuando sea posible). Se calcularon abundancias relativas e índices de diversidad (Fisher-Alpha, Shannon-Weaver), así como la proporción entre foraminíferos aglutinados-calcáreos e infaunales-epifaunales. Con el fin de identificar tendencias en los patrones de distribución a lo largo del tiempo y las implicaciones ecológicas, se realizaron análisis de cluster y DCA (Detrended Correspondence Analysis). Se plantea aplicar los índices para inferir condiciones paleoambientales y paleoceanográficas durante el Holoceno Temprano en la Cordillera de Alarcón.

SE05-6

VEGETACIÓN Y CLIMA DEL MEDITERRANEO ORIENTAL DURANTE EL HOLOCENO

Cruz Silva Esmeralda¹, Harrison Sandy², Prentice Colin³ y Marinova Elena⁴

¹Instituto de Geociencias, UNAM

²University of Reading

³Imperial College London

⁴Laboratory for Archaeobotany, Baden-Württemberg State Office for Cultural Heritage

bio.esme.cs@gmail.com

El Mediterráneo Oriental es relevante porque experimentó una de las primeras transiciones hacia la agricultura permanente, facilitando la expansión de poblaciones humanas. Sin embargo, hubo cambios significativos en la población, evidenciados por el auge y declive de civilizaciones antiguas. Se debate si estos cambios fueron impulsados por variaciones climáticas que alteraron la vegetación y, por ende, la disponibilidad de recursos, o si, por el contrario, las actividades humanas modificaron

la vegetación y afectaron el clima. La incertidumbre actual proviene de un enfoque en registros individuales, y la falta de una comprensión regional de la historia de la vegetación y el clima. Comprender eventos históricos en el Mediterráneo Oriental requiere reconstrucciones robustas para esclarecer los factores detrás de los cambios observados. El proyecto EMBSeCBIO fue un esfuerzo por recopilar datos de polen modernos y fósiles del Mediterráneo Oriental. Este trabajo utilizó estas bases de datos para desarrollar y calibrar una nueva técnica que permite reconstruir la vegetación mediante un conjunto de datos de polen moderno, caracterizando la composición y variabilidad de la abundancia de taxones en diferentes biomas. El nuevo método supera limitaciones de enfoques anteriores y facilita la identificación de ensamblajes sin análogos modernos. La técnica fue aplicada para predecir los cambios en los tipos de vegetación a lo largo del Holoceno. Las reconstrucciones lograron abordar controversias sobre la historia de la vegetación regional, revelando que la mayor extensión de vegetación no análoga ocurrió durante el temprano Holoceno. Se demostró que la reforestación fue sincrónica en la región y se observó que el aumento de vegetación adaptada a la sequía en el Holoceno tardío fue heterogéneo. Además, se aplicó un método recientemente desarrollado, el método de Promedio Ponderado por Tolerancia (fxTWA-PLS), para reconstruir cuatro variables climáticas cruciales para el crecimiento de las plantas: la temperatura media del mes más frío (MTCO), la temperatura media del mes más cálido (MTWA), grados-día de crecimiento por encima de 0 °C (GDDO) y la humedad disponible para las plantas, representada por la relación entre la evapotranspiración real y la de equilibrio (Alpha). Las reconstrucciones fueron comparadas con evidencia independiente y simulaciones de modelos climáticos. La transición glacial-Holoceno y la primera parte del Holoceno se caracterizaron por condiciones más frías y secas que las actuales. Hubo un aumento rápido de temperatura y humedad entre ca. 10.3 y 9.3 ka, considerablemente después del final del Younger Dryas. MTCO mostró un aumento gradual desde 9 ka hasta el presente, indicando que esta variable fue forzada por el incremento de la insolación inducido orbitalmente durante el Holoceno. MTWA también mostró una tendencia creciente de 9 ka a 5 ka, seguida de un descenso gradual hacia las condiciones actuales. El aumento inicial de MTWA no se alinea con una respuesta a la forzación orbital, sugiriendo que la respuesta retrasada a los cambios de insolación estacional probablemente refleja la persistencia de las capas de hielo Laurentide y Fennoscandian. Después del aumento inicial en Alpha entre 11 y 9.3 ka, los cambios posteriores fueron pequeños.

SE05-7

LATE PLEISTOCENE-HOLOCENE ENVIRONMENTAL FLUCTUATIONS OF SOUTHERN CHIHUAHUA DESERT, MEXICO

Chávez Lara Claudia Magali

Instituto de Geofísica, UNAM

chavezlara@igeofisica.unam.mx

Paleoenvironmental reconstructions from the Mexican Chihuahua Desert based on biological proxies are scarce, creating a gap in our understanding of the ecological responses to climate change in this water scarce region. Here we explore the response of ostracods and ephippia from cladocerans to hydrological changes in the Santa Clara basin, at the southern Chihuahua Desert, during the last 18.7 cal ka. Overall, cold and humid conditions between 18.7-15 cal ka BP prevailed in the Santa Clara region without ostracods preservation. The warmer Bolling-Allerød favoured L. axalapasco productivity, however, this species did not occur during the colder Younger Dryas. The early Holocene was marked by a general trend towards warmer and dryer conditions and a sedimentary hiatus was detected from 10.7 to 6.4 cal ka BP. Subsequently, ostracods reached their maximum total abundance during 6-4.8 cal ka BP indicating warmer and shallower lake conditions. The only presence of L. bradburyi females between 4-2 cal ka BP possibly suggest lower lake water temperatures associated with enhanced winter precipitation under El Niño type conditions. Finally, during the last 2 cal ka ephippia, L. axalapasco females and geochemical data suggest the driest period of the record as the ITCZ continued moving southwards.

SE05-8

SISTEMATIZACIÓN GEOGRÁFICA Y REGIONALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN PALEOAMBIENTAL Y PALEOCLIMÁTICA PARA EL CUATERNARIO EN MÉXICO

Rodríguez Laura Jazmín y Vázquez-Castro Gabriel

Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM

jazminnhalaura@comunidad.unam.mx

Las interpretaciones paleoambientales y paleoclimáticas enfocadas al Cuaternario en México pueden ser catalogadas dentro de tres categorías dependiendo de su alcance a nivel geográfico. El primer grupo y en el que encontramos la mayor parte de trabajos, se relaciona con aquellos que interpretan condiciones climáticas a través de registros puntuales, o registros muy cercanos entre sí, relacionados con alguna cuenca en particular. En segundo lugar, se tienen interpretaciones regionales a pequeña escala, realizadas a partir de varios registros, que pueden abarcar varios estados de la República Mexicana, o incluso a nivel de provincias fisiográficas. Finalmente, el enfoque menos estudiado hasta el momento, se relaciona con interpretaciones regionales de gran escala, que cubren gran parte de nuestro territorio y que pretenden aportar información sobre las condiciones climáticas de todo el país para diferentes épocas del Cuaternario, asociar a distintos forzadores

climáticos, y tratar de proponer modelos espaciales regionales. A pesar de los esfuerzos, hasta el momento no se ha llegado a una estandarización en las divisiones geográficas del país para trabajar en estos modelos, lo que lleva a la existencia de límites difusos y a una dificultad para estandarizar los datos de las distintas regiones. En el presente trabajo se plantea una sistemática para establecer una división geográfica de la República Mexicana en regiones y subregiones de utilidad para interpretaciones paleoambientales a nivel regional, con base en las características comunes de regiones fisiográficas, geohidrológicas y climáticas del país. En esta primera etapa de análisis se utilizaron las herramientas de análisis de sistemas de información geográfica, para la determinación de intersecciones entre las regiones climáticas, provincias fisiográficas y las cuencas geohidrológicas de México. Posteriormente se agruparon entre sí las zonas resultantes con un mayor número de atributos en común. Por otra parte, se realizó una compilación de información relacionada con estudios paleoambientales de la República Mexicana y considerando los estudios previos de regionalización a distintas escalas, se obtuvo una separación en regiones y subregiones a nivel de todo México. En la presente propuesta se plantean tres regiones de análisis: norte, centro y sureste del país, con 37 subregiones dentro de estas tres principales. La región norte cuenta con un total de 17 subregiones, 15 para la región centro y 5 para la región sureste. La distribución de regiones y subregiones propuesta en este estudio representa un avance en la sistematización de la información que proveen los estudios paleoambientales existentes en nuestro país, y una herramienta que permitirá el análisis sistematizado de los registros.

SE05-9

RESILIENCIA EN LOS ECOSISTEMAS DESDE TEORÍA DE GRAFOS: ANÁLISIS PALINOLÓGICO Y AMBIENTAL DE LOS ÚLTIMOS 150,000 AÑOS DE LA CUENCA DE MÉXICO

Zepeda Pirron Manuel Alejandro y Lozano García María del Socorro

Instituto de Geología, UNAM
mzepeda.21@protonmail.com

El registro sedimentario del Lago de Chalco hacia el SE de la Ciudad de México ha sido estudiado ampliamente en los últimos años. La formación de la cuenca de este lago se asocia a procesos volcánicos y tectónicos que ocurrieron hace c.a. 500,000 años. En 2008 se perforó un núcleo que alcanzó 122.5 m de profundidad y, de acuerdo con el modelo de edad, la secuencia sedimentaria cubre los últimos 150,000 años. Mediante esta secuencia ha sido posible realizar investigaciones relacionadas con incendios, cambios en la vegetación, variaciones en la salinidad y nivel del lago, propiedades magnéticas y variaciones geoquímicas de los sedimentos a través de estudios multiproxy. Con el fin de estimar la composición y resiliencia de la vegetación en el tiempo, fue utilizado el análisis de redes en datos palinológicos, los cuales comprenden 404 muestras y 87 taxa polínicos distintos. Con base en el índice de recambio Bray-Curtis y el algoritmo de Leiden para detectar comunidades, fueron encontrados seis grandes grupos que contienen el 95% de las muestras. El resto de ellas indican eventos extremos para la vegetación. Los taxa más comunes en el registro son los géneros *Pinus*, *Quercus*, *Alnus*, *Abies*, *Artemisia*, *Cupressus*/*Juniperus* y *Picea*, así como las familias *Amaranthaceae*, *Asteraceae* y *Poaceae*. Estos taxa son los principales conectores con el resto de elementos en la red. Al contrastar los cambios de los grupos de Leiden en el tiempo con datos geoquímicos fue posible identificar procesos de cambio a escalas globales, regionales y locales ante los cuales la vegetación podía retornar a condiciones previas o migrar a nuevas configuraciones. Los procesos globales se refieren a cambios en la insolación, mientras que los procesos regionales están relacionados con la estacionalidad y patrones de lluvia. A su vez, los procesos locales están vinculados a eventos volcánicos o incendios. A pesar de que los procesos actúan de manera simultánea, algunos cobran mayor relevancia durante periodos específicos. Por ejemplo, hacia la parte más antigua del registro, los procesos globales son los motores de cambio de la vegetación, mientras que los procesos locales dirigen los cambios en la composición de la vegetación en las etapas más recientes. A través del análisis de redes fue posible identificar procesos de resiliencia en el ecosistema, un aspecto prioritario de cara a los escenarios de calentamiento global.

SE05-10

VARIACIONES EN LA OLIGOTROFÍA Y LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL GOLFO DE MÉXICO A ESCALA GLACIAL-INTERGLACIAL (MIS-6 A MIS-1)

Arellano-Torres Elsa¹, García-León Jozyc², Le Brun Lorenza³, Kasper-Zubillaga Juan José⁴ y Bernal Juan Pablo⁵

¹Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM²Facultad de Ciencias, UNAM³The University of Auckland, New Zealand⁴Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM⁵Instituto de Geociencias, UNAM

elsa.arellano@encit.unam.mx

El Golfo de México (GM) es una región de gran importancia ambiental y climática por el transporte de calor y humedad que representa para la región, por lo que el estudio de sus cambios a escala orbital nos permite comprender mejor sus patrones de variabilidad natural. Recolectado al SO del GM, el núcleo marino de pistón RC10-265 se utilizó para reconstruir las masas de agua, la circulación y la temperatura superficial del océano, a partir del uso de asociaciones de

foraminíferos planctónicos (FP) y la razón Mg/Ca analizada por LA-ICP-MS. Empleando datación por radiocarbono, la bioestratigrafía de los FP y análisis de su geoquímica isotópica (Delta18O) se determinó que el núcleo abarca los últimos ~180 ka de la transición Pleistoceno tardío-Holoceno. A partir de un análisis de factores (modo Q) se identificaron dos escenarios principales. En el SO del GM, la asociación subtropical (F1) sugiere que, durante el final del MIS-6, y del MIS-4 al MIS-2, las aguas superficiales eran más frías (~22-25 °C), menos oligotróficas y con una mayor profundidad de la capa de mezcla, respecto a los interglaciares. La asociación tropical (F2), sugiere que al inicio del MIS-6, del MIS-5e al 5b y el MIS-1, las aguas superficiales eran cálidas (~28-32°C), oligotróficas, con una capa de mezcla poco profunda, como se aprecia en las condiciones modernas promedio. A pesar de la evidencia de diagénesis temprana por recubrimientos de arcilla, las paleotemperaturas reconstruidas son consistentes con la paleotermometría reportada en el Caribe y el norte del GM. La información estudiada muestra la relevancia de la corriente de Lazo (modos extendido vs. retraído) y la variabilidad asociada a los remolinos de mesoescala, como un control clave de la paleoceanografía y las paleotemperaturas del GM a escala orbital.

SE05-11 PLÁTICA INVITADA

THE COMPOSITION OF CLASTIC ROCKS AS A PROXY FOR THE PALEOCLIMATIC RECONSTRUCTION: VICES AND VIRTUES

Martini Michelangelo

Universidad Nacional Autónoma de México
mmartini@geologia.unam.mx

The mineral and chemical composition of clastic rocks is commonly used as a proxy for reconstructing the climatic history of the Earth. This is because temperature and precipitation, which are two fundamental parameters that define the climate of a region, control the intensity of chemical weathering, and consequently, influence the mineral and chemical composition of derivative detritus. Based on this premise, many authors have suggested that the extent of mineral and chemical alteration of detritus relative to its parent rocks is representative of the climate under which detritus was generated. Such an alteration can be quantitatively estimated with chemical indices, the most commonly used being the chemical index of alteration (CIA) of Nesbitt and Young (1982). This index measures the extent of depletion in feldspar and other labile detrital minerals relative to the upper continental crust, which is considered as the primary source of clastic successions. Despite the basic premise on which this proxy is based is correct, the chemical and mineralogical indices should be used with caution. In effect, the mineral and chemical alteration of detritus may also result from processes like diagenesis and hydraulic sorting, which are not directly related to weathering. In addition, the degree of alteration is related to the amount of time over which weathering occurs, which is largely controlled by topography of the sedimentary system and the transport history of detritus. Based on these considerations, it becomes clear that understanding the characteristics of the sedimentary system in which detritus is generated, subaerially transported, and subsequently deposited is mandatory in paleoclimatic studies based on the composition of clastic deposits. This work aims to provide guidelines for planning more effective sampling strategies for reconstructions of past climate grounded on the compositional analysis of clastic successions.

SE05-12 CARTEL

COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DE INDIVIDUOS GASTERÓPODOS HYDROBIIDAE DE LOS LAGOS NEOTROPICALES ESMERALDA Y CHICHANCANAB EN LA REGIÓN MAYA COCHUAH, MÉXICO: IMPLICACIONES PARA LA INVESTIGACIÓN PALEOLIMNOLÓGICA

Martínez Dyrzo Haydar¹, Metcalfe Sarah E.², Jones Matthew D.³ y Leng Melanie J.³¹Universidad Nacional Autónoma de México²University of Nottingham³British Geological Survey

haydar.martinez@geologia.unam.mx

La mayoría de los registros de isótopos de carbonato de lago publicados en las tierras bajas mayas se basan en la recolección de conchas de gasterópodos (muchas de ellas de la especie *Pyrgophorus coronatus*) y luego en la combinación de especímenes individuales de una única capa central para proporcionar una muestra compuesta. Lo que ha quedado relativamente inexplorado es la variabilidad entre conchas individuales y el impacto que esto podría tener en los valores obtenidos de una muestra compuesta. Aquí se analizó la composición de isótopos estables de carbono y oxígeno de ejemplares modernos de *P. coronatus*, una especie litoral y detritívora y otros taxones de Hydrobiidae (*Aroapyrgus* sp. y *Tryonia* sp.) que se encuentran en los lagos Esmeralda y Chichancanab en las tierras bajas mayas del norte (Mayab) para explorar algunas de las variables ambientales que podrían afectar dicha composición. Además, los valores de isótopos de carbono y oxígeno de las conchas derivados de gasterópodos individuales del núcleo inferior se compararon con los del sedimento de carbonato de fracción fina a granel de un núcleo de 387 cm de 6660 años calibrados, obtenidos en el lago Esmeralda. Los resultados muestran que el valor medio de los isótopos de oxígeno de un conjunto de conchas recolectadas para una sola capa estratigráfica tiende a ser aproximadamente el mismo que el de la fracción fina del sedimento aunque sus

valores individuales pueden presentar una distribución bimodal, lo que podría representar cambios estacionales la temporadas de lluvias y la época seca en un mismo año. Además, no se encontraron diferencias significativas en los valores de isótopos de oxígeno al utilizar un taxón de Hydrobiidae en particular sobre otro, lo que indica una falta de efectos vitales relevantes. La firma isotópica de carbono de las conchas modernas varía según la ubicación dentro del lago y muestra relativamente poca variabilidad en el núcleo, lo que sugiere que los factores no climáticos pueden ser más dominantes en el control del carbonato de concha $\Delta^{13}C$ en estos sistemas.

SE05-13 CARTEL

OSTRACODS RESPONSE TO ENVIRONMENTAL ANTHROPOGENIC DISRUPTION IN A NEOTROPICAL KARSTIC LAKE IN SOUTHERN MEXICO

Chávez Lara Claudia Magali¹, Caballero Margarita¹ y Prado Blanca²¹*Instituto de Geofísica, UNAM*²*Instituto de Geología, UNAM*

chavezlara@igeofisica.unam.mx

Ostracods are sensitive to environmental changes and represent a powerful tool to assess anthropogenic impact such as land use changes and deforestation. In this work we present ostracod, ephippia, diatom and geochemical data of Lake San Lorenzo sediments dating from 1956 to 2013. The ostracod assemblage consists of *Darwinula stevensoni*, *Cypridopsis okeechobei*, *Cytheridella ilosvayi* and an unidentified species. This Unknown species rapidly adapted to the new environmental conditions of enhanced nutrients levels and variable oxygen, whereas the other ostracods were absent in the sediments dating from around 1982 to 1992. Overall, *D. stevensoni*, *C. okeechobei* and *C. ilosvayi* are benthic species that occur in shallow waters or littoral zones with rich vegetation. However, we suggest *C. ilosvayi* was the most sensitive to oxygen variations as it is only present in sediments dating to ~1978. The lack of ostracod preservation in the sedimentary record, especially during ~1995-2013 could be result of anoxic lake bottom conditions caused by high organic matter content during periods of anthropogenic catchment disturbance. Finally, we suggest that analysis and description of live specimens with soft parts of the Unknown species are strongly necessary to determine this species and its environmental preferences.

Sesión especial

LA ESTACIÓN REGIONAL DEL NOROESTE: 50 AÑOS DE PRESENCIA DE LA UNAM EN EL NOROESTE DE MÉXICO

Organizadores

Alexis Del Pilar Martínez
Thierry Calmus
Carlos Manuel González León

SE06-1

LA ERNO: 50 AÑOS DE PRESENCIA DE LA UNAM EN SONORA, LOGROS Y PERSPECTIVAS

Calmus Thierry

ERNO, Instituto de Geología, UNAM
arnithy@gmail.com

La Estación Regional del Noroeste (ERNO) se fundó en octubre de 1974 a la iniciativa del Instituto de Geología de la UNAM. Desde entonces, la ERNO cumple con el objetivo inicial de impulsar la investigación geológica en el noroeste del país. Ubicada a su inicio en el campus de la Universidad de Sonora, la entonces Oficina Regional del Noroeste colaboró en la creación del Departamento de Geología y los investigadores fungieron como docentes de la recién creada carrera de Geología. En noviembre de 1980, se inauguró el edificio actual en el mismo campus. Durante los primeros años, la ERNO contó con la presencia de investigadores franceses trabajando en el marco de un convenio de cooperación entre el Instituto de Geología e instituciones francesas, apoyado por el Servicio Científico de la Embajada de Francia en México. También se acercaron a la ERNO universitarios de Estados Unidos que contribuyeron al conocimiento de la evolución del sur de la cordillera norteamericana. La Estación fomentó también la colaboración con colegas del mismo Instituto de Geología y de instituciones nacionales. Gracias a esta cooperación y el respaldo administrativo y técnico del Instituto de Geología, la ERNO ha tenido un papel de liderazgo regional en la investigación en Ciencias de la Tierra. Al mismo tiempo, el Instituto de Geología apoyó a la superación académica de los investigadores que entraron a programas de doctorado en universidades estadounidenses. En 2000, la ERNO se incorporó al Posgrado en Ciencias de la Tierra de la UNAM. Fue el inicio de una etapa estimulante con el compromiso reiterado cada semestre de atender a una población estudiantil demandante y dinámica. Al principio de los años 90, académicos del Instituto de Ecología se incorporaron a la ERNO. Durante los últimos 15 años, la ERNO adquirió equipos analíticos que permitieron abrir nuevas áreas de investigación como la termocronología de baja temperatura o la dinámica de los procesos naturales en la Zona Crítica. La presencia física esporádica de colegas del Instituto de Energías Renovables encargados de proyectos en el Laboratorio Nacional de Concentración y Química Solar localizado en Hermosillo, la colaboración de Ecólogos y Geólogos en las temáticas ambientales en una región con escasez de agua y abundancia en recursos minerales son razones para desarrollar investigación científica aplicada y abordar los problemas de manera integral. Estos antecedentes añadidos a la madurez de la Estación formaron las bases de una reflexión sobre la necesidad de convertirla en un centro de investigación interdisciplinaria que tendrá, a su inicio, personal de los Institutos de Geología, Ecología y Energías Renovables. La creación del Centro de Investigación Interdisciplinaria del Noroeste de México (CIINOM) coincide con una conjuntura favorable a nivel regional debido al arranque del Plan Sonora. La ubicación del Centro, así como los vínculos existentes con las instituciones regionales y extranjeras, conforman un cimiento robusto para un desarrollo exitoso del CIINOM.

SE06-2

LA PLATAFORMA SONORA DEL CRETÁCICO INFERIOR, CUENCA BISBEE: CORRELACIÓN LITO Y BIOCRONOESTRATIGRÁFICA

González-León Carlos M.¹, Scott Robert W.², Madhavaraju Jayagopal¹ y Lawton Timothy F.³

¹ERNO, Instituto de Geología, UNAM

²140 E. 21st St. #2, Tulsa OK 74114

³Bureau of Economic Geology, Jackson School of Geosciences, The University of Texas at Austin
cmgleon@unam.mx

El relleno sedimentario de la cuenca Bisbee en Sonora fue determinado principalmente por tres ciclos transgresivos-regresivos (T-R) que duraron ~25 m.a.,

del Barremiano al Albiano, durante subsidencia termotectónica. En etapas finales de su desarrollo empezó subsidencia tectónica asociada a la acreción del arco Alisitos al margen occidental de Baja California. La sedimentación ocurrió principalmente en el norte del estado, en la sub-cuenca Altar-Cucurpe y formó una plataforma siliciclástica-carbonatada con arrecifes de corales y rudistas. En el primer ciclo T-R (Barremiano-Aptiano; ca. 125 a 118-115 Ma) se acumularon las formaciones Cerro de Oro/La Colgada de origen marino y la Formación Morita de origen fluvial; el segundo ciclo (Aptiano superior-Albiano inferior; ~115 a 105 Ma) acumuló a la Caliza Mural de origen marino y la Cintura de origen fluvial; el tercer ciclo (Albiano medio-superior) acumuló a la formación marina La Juana, de la cual no se conoce depósito regresivo. Estas formaciones son parte del Grupo Bisbee (GB) y sus edades están determinadas por bioestratigrafía de foraminíferos, ammonites y bivalvos y geocronología U-Pb. A lo largo de un transecto del NW al NE de Sonora, dichas formaciones muestran cambios laterales menores de facies y columnas estratigráficas incompletas que alcanzan ca. 3 km de espesor. Hacia el oriente de Sonora, en el cerro Pitaycachi (región NE) y Lampazos (Grupo Lampazos-GL-, este de Sonora), estas formaciones gradúan a facies de margen de plataforma y marinas profundas de la cuenca de Chihuahua, tomando nomenclaturas diferentes. La formación Caliza Mural registra excursiones negativas de isótopos de carbón del evento oceánico anóxico OAE 1b en los miembros Los Coyotes (Kilian y Paquier) y Cerro La Puerta (Leenhardt) de las áreas de Cerro Pimas y Rancho Búfalo, al igual que se registran en la Formación Lampazos del GL. Las formaciones Cerro de Oro, Morita y Caliza Mural se cronocorrelacionan con las formaciones El Aliso, Agua Salada y Lampazos (Aptiano-Albiano inferior) del GL y también lo hacen con la Caliza Aurora (parte)/San Ángel, La Peña y Tamaulipas de la Sierra Madre Oriental. Del mismo modo, la parte superior de la Formación Lampazos y las formaciones Espinazo del Diablo y Nogal del GL se cronocorrelacionan con las formaciones Cintura y La Juana del GB. Algunas características de estas formaciones se correlacionan también con la plataforma Comanche del sur de Texas, USA. Por ejemplo, el cambio litológico entre las formaciones El Aliso y Lampazos corresponde con la superficie de inundación Ap SB Pr1 (120.9 Ma) de dicha plataforma; la Formación Espinazo del Diablo de plataforma carbonatada somera con rudistas y foraminíferos bentónicos se correlaciona con la parte inferior del Grupo Fredericksburgh del Albiano medio-superior, y el contacto entre los miembros 2 y 3 de la Formación Nogal que se correlacionan con la parte superior de este mismo grupo representa la superficie de inundación Al SB WA1 (105 – 104.3 Ma) de la base del Grupo Washita del Albiano superior de Texas.

SE06-3

EVENTOS MAGMÁTICOS EN SONORA: UNA SÍNTESIS DEL CONOCIMIENTO ACTUAL GENERADO EN 50 AÑOS DE INVESTIGACIÓN DE LA ERNO

Valencia Moreno Martin

Universidad Nacional Autónoma de México
martin.valencia@unam.mx

La construcción de la geología del noroeste de México incluye varios episodios de actividad magmática que ayudan a delinear la evolución tectónica, no solo de esta región, sino de todo el suroeste de Norte América. Fred McDowell, Paul E. Damon, Kenneth F. Clark, Jean Jacques Cochemé, Thomas H. Anderson, Leon T. Silver y Jaime Roldán-Quintana son sin duda recordados como precursores de esta área de la investigación geológica en la ERNO. Las rocas más antiguas corresponden a un periodo de nucleación continental durante el cual varios arcos de islas activos en el Paleoproterozoico (~1.8-1.6 Ga) se amalgamaron. Este ensamble cortical fue intrusado en el Meso- y Neoproterozoico (~1.4-1.0 Ga) por el Granito Cananea y el Granito Aibó, respectivamente. Estas rocas conforman el basamento estable del suroeste de Norteamérica y sus afloramientos se extienden hasta la porción norte-central de Sonora. Con la ruptura de la Pangea se activó la subducción del piso oceánico en el paleo Pacífico, dando lugar a uno de los episodios de magmatismo calcoalcalino más longevos del planeta. En Sonora, esta actividad

inició en el Pérmico temprano (~275 Ma) y perduró hasta el fin del Jurásico (~149 Ma). Después de un lapso relativamente breve de inactividad, el magmatismo resurgió en la región costera en el Cretácico Temprano (~140 Ma) permaneciendo ahí de manera estática hasta el inicio del Cretácico Tardío (~100-90 Ma). Esto coincide con el fin de las acreciones tectónicas en el margen occidental de México y el inicio de una etapa de acortamiento cortical y magmatismo muy importante en la configuración actual de la corteza en esta región, la cual está constreñida entre los 90 y 40 Ma. El cese de la compresión cambió el régimen tectónico a uno de tipo extensional, obligando a la ruptura del slab de la placa subducida debajo del borde de la zona comprimida. Esto abrió una ventana astenosférica que promovió la fusión de grandes volúmenes de roca y la extrusión de la provincia de la Sierra Madre Occidental durante el Oligoceno y Mioceno (~32-20 Ma). La actividad magmática compresiva se relaciona a la formación del cinturón de pórfidos de Cu, mientras que el magmatismo del Oligoceno-Mioceno está asociado con el emplazamiento de depósitos epitermales de Au-Ag. Por su parte, la porción remanente de la placa subducida en la porción occidental provocó magmatismo de carácter bimodal ligado al la actividad extensional ocurrida en la provincia Basin and Range. La actividad más reciente está relacionada con el emplazamiento de los campos volcánicos de Moctezuma y El Pinacate ocurrido durante el Plioceno y Cuaternario, cuya génesis se asocia a una atenuación de la litósfera durante el fin de la extensión post subducción y el inicio de la apertura del Golfo de California.

SE06-4

THE PALEOGENE PERALUMINOUS MAGDALENA GRANITE SUITE IN NORTH-CENTRAL SONORA

González-Becuar Elizard, González-León Carlos Manuel, Solari Luigi A. y Del Rio-Salas Rafael
Universidad Nacional Autónoma de México
 egonzalezb@geologia.unam.mx

Highly peraluminous (ASI = 1.0-1.3) leucocratic granites with mylonitic foliation of the Magdalena-Tubutama region in north-central Sonora crop out in the lower plate of the Magdalena-Madera metamorphic core complex. Normative mineral compositions indicate mostly corundum-normative granite, with a few granodiorite, tonalite, and trondhjemite. The R1-R2 major oxide diagram classifies the granite and alkali granite as anatectic. Mineralogically, the plutons mainly comprise quartz, orthoclase, plagioclase, biotite, muscovite, and garnet. Accessory minerals can include allanite, apatite and zircon. Metapelite xenoliths in the Magdalena granitic suite plutons are common, as well as are zircon xenocryst populations, the most important being of Jurassic age (16.5%) that might be recycled from the magmatic arc rocks that are part of the basement in this region. Our research, based on zircon U-Pb geochronology, provides a comprehensive understanding of the Magdalena granites. We have identified three crystallization phases, the oldest of which is represented by the Sierra Guacamea granodiorite, and the Cañada Tescalamá and Las Jarillas granites emplaced between ca. 68 and 61 Ma. A second magmatic pulse includes the Sierra Magdalena, Tubutama, La Yegua, San Francisco, El Encino, La Mariana, Rancho La Esperanza and Terrenate plutons that have ages from ca. 48 to 42 Ma. A last pulse occurred at ca. 39-38 Ma and is represented by the San Ignacio and La Piocha plutons. This thorough analysis forms the basis of our confident findings. Trace elements show generally high LILE and low HFSE abundances. REE values are generally moderate to low with LREE depletion and HREE enrichment. REE-Chondrite-normalized diagrams show U-shaped to flat profiles. Eu shows generally slightly negative to positive anomalies ($Eu/Eu^* = 0.1-4.6$). A geochemical comparison between the Magdalena granitic suite and other Late Cretaceous to Eocene Sonoran plutons reveals the following differences. Typical Sonoran Laramide granitoids, which range from metaluminous to peraluminous and bear a calc-alkaline signature, originate mostly from processes involving metasomatism and partial melting of the asthenospheric mantle at various depths, combined with substantial crustal hybridization. In contrast, the Magdalena peraluminous granites are primarily pure crustal melts originated by two main mechanisms: water-present partial melting of a calcic metagraywacke source followed by dehydration partial melting via mica-breakdown of a muscovite-schist. Their high-silica composition, peraluminous nature, and younger age with respect to the Laramide granites of central Sonora suggest that these melts developed in a thicker crust with significant assimilation of metasedimentary and basement components to produce two-mica anatectic magma. This strongly supports the association of these melts with the Cordilleran anatectic belt, a key insight that underscores the importance of our research in understanding the geological history of the region.

SE06-5

SÍNTESIS DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE DISTINTOS TIPOS DE DEPÓSITOS MINERALES EN EL NW DE MÉXICO

Ochoa Landín Lucas Hilario¹, Valencia Moreno Martín², Espinoza Inocente Guadalupe³ y Del Rio Salas Rafael⁴

¹Universidad de Sonora

²UNAM

lucas.ochoa@geologia@gmail.com

En el noroeste de México existen diferentes tipos y estilos de mineralización, entre los que destacan los depósitos pórfidos de cobre, que producen la mayor cantidad de Cu y Mo en nuestro país. Estos depósitos se distribuyen en una franja con dirección NW-SE que se extiende desde el suroeste de USA por todo el estado

de Sonora, continuando al sur hacia Sinaloa. En algunos de ellos, principalmente aquellos distribuidos en la parte noroeste del estado existen zonas de transición hacia sistemas más someros de tipo epitermal de alta sulfuración, con posibles bloques de "lithocaps", como sucede en Buenavista de Cobre y La Caridad, y depósitos más exhumados profundos en su parte noroeste. La presencia de una gran variedad de yacimientos minerales incluyendo skarns de Pb-Zn-Cu, Pb-Zn-W, Fe, W, y Cu-Zn, así como brechas magmáticas, magmáticas-hidrotermales, de colapso y de inyección, vetas mesotermiales, cuerpos de pegmatitas y reemplazamientos están también relacionados a este tipo de sistemas magmático-hidrotermal. Por otro lado, existe también la presencia de depósitos epitermales de baja-intermedia sulfuración (BS-IS) y alta sulfuración (AS), con edades de mineralización entre el Eoceno tardío y el Oligoceno, distribuidos a lo largo de la parte oeste de la provincia volcánica de la Sierra Madre Occidental, donde la gran mayoría de los depósitos corresponden al tipo BS-IS, y solo algunos de ellos corresponden a depósitos de tipo AS. Dentro de estas tipologías destacan los depósitos Dolores, Pinos Altos de B-IS; y Mulatos El Sauzal para los depósitos de AS. Junto con estos dos grandes tipos de depósitos mesotermiales y epitermales se tiene la presencia de un cinturón de depósitos de oro orogénico y de placer en la parte noroeste Sonora, el cual se prolonga en dirección NW-SE hasta la región norte-central del estado. Recientemente se han detectado depósitos de litio asociados a arcillas en secuencias alteradas de rocas volcánicas, los cuales han sido poco estudiados a la fecha. Trabajos recientes, han definido la presencia de depósitos de hierro que pueden ser definidos como del tipo IOCG, los cuales parecen conformar una franja que se extiende en dirección NNW-SSE desde Baja California hasta la parte sur de Sonora y posiblemente hasta Sinaloa. En conjunto con estos depósitos y dentro de esta misma franja, se tiene el depósito El Arco, definido como un pórfido de Cu-Au, relacionado a un ambiente tectónico oceánico y con una edad de ~164 Ma. Esta variedad de tipos de depósitos y su amplia distribución distinguen al noroeste de México como un lugar muy atractivo para la exploración minera, en el que aún existen muchas expectativas de nuevos hallazgos.

SE06-6

REGISTRO DE UNA FASE TRANSTENSIONAL PREVIA A LA EXTENSIÓN ESTILO BASIN AND RANGE EN EL SECTOR NORTE DEL GRABEN ARIZPE, SONORA

Alday Arriola Ernesto¹ y Del Pilar Martínez Alexis²

¹Universidad de Sonora

²Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM
 nettoo111300@gmail.com

El estado de Sonora se caracteriza por la presencia de cuencas tectónicas cenozoicas asociadas a la provincia Basin and Range (B&R). Una de estas cuencas es el Graben Arizpe de rumbo ~N-S, el cual se extiende con una longitud de ~100 km en la parte centro-norte de Sonora. En el sector norte del graben (transecto Sinoquique-Bamori) documentamos la intersección de dos sistemas de fallas con orientaciones NW-SE y N-S. Las fallas NW-SE tienen una cinemática lateral derecha y normal-oblicua, cortan principalmente a las rocas volcánicas de la Formación Tarahumara (79-59 Ma) produciendo el basculamiento de bloques de 20-30° al noreste. Las rocas más jóvenes afectadas por estas fallas son ignimbritas riolíticas correlacionables con otras rocas volcánicas fechadas en ~27 Ma (rocas del cerro Cebadehuachi). Las fallas NW-SE son cortadas por fallas normales N-S asociadas a la formación del Graben Arizpe. Las fallas N-S cortan a los depósitos sedimentarios y volcánicos de la Formación Báucarit (24-21 Ma) produciendo basculamientos de 15-50° al este y oeste. El análisis de inversión de estrías de 125 datos estructurales colectados en el campo indica que las fallas NW-SE fueron formadas bajo un régimen transtensional con la extensión orientada ~NE-SW. Por otro lado, las fallas normales ~N-S fueron formadas bajo un régimen de extensión pura orientada ~E-W. Si bien la extensión estilo B&R con fallas N-S está bien constreñida en Sonora de haber iniciado en el Oligoceno tardío, la fase transtensional no había sido documentada anteriormente. Las condiciones cinemáticas y de esfuerzos obtenidas contribuirán a futuras investigaciones para definir el significado tectónico de esta fase de deformación transtensional y sus implicaciones en la geología regional de Sonora.

SE06-7

EVOLUCIÓN DEL SISTEMA EXTENSIONAL CENOZOICO EN SONORA Y SUS IMPLICACIONES EN LA EXPLORACIÓN DE LITIO

Del Pilar Martínez Alexis¹, Levresse Gilles², Castillo Reynoso Juan Carlos³ y Ferrari Luca²

¹Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM

²Instituto de Geociencias, UNAM

³Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías
 adelpillarmtz@gmail.com

Recientemente, la exploración de litio ha tomado gran relevancia en el Estado de Sonora debido a su importancia en el sector energético nacional y global, aunado al interés del gobierno federal por su aprovechamiento soberano. Existen distintas localidades en Sonora en donde se han documentado anomalías de litio en arcillas y el contexto geológico de su ocurrencia está relacionado con el volcanismo bimodal de la Sierra Madre Occidental (SMOC) y la formación de cuencas tectónicas cenozoicas relacionadas con la extensión estilo Basin and Range (B&R). Derivado de varias jornadas de campo, en esta contribución se describen algunos elementos

arquitecturales del sistema extensional cenozoico en Sonora que fueron clave para el emplazamiento de rocas volcánicas y la formación de las anomalías de litio. Se estableció que un evento de extensión orientada NE-SW tuvo lugar entre 35–30 Ma, permitiendo la formación de un sistema de cuencas endorreicas limitadas por fallas de rumbo noroeste. Estas cuencas se caracterizaron por propiciar ambientes lacustres con tirantes de agua poco profundos que captaron depósitos piroclásticos de caída ricos en ceniza (tobas). La alteración de las tobas por diagénesis e hidrotermalismo permitió la formación de arcillas y su posterior enriquecimiento en litio. Entre 20–18 Ma inició una segunda fase de deformación con una dirección de extensión E-W, caracterizada por la formación de cuencas limitadas por fallas N-S y NNW-SSE que bascularon bloques hacia el este y oeste, permitiendo la exhumación de las sucesiones de arcilla litífera. Este evento estuvo acompañado de volcanismo y el desarrolló en los valles de una sedimentación fluvial de alta energía dominada por arenas gruesas y conglomerados (Fm. Báucarit) que localmente provocó la erosión de los depósitos de arcillas. El permanente control estructural durante la formación, exhumación y preservación de los depósitos volcanosedimentarios con anomalías de litio muestran la necesidad de determinar la geometría, cinemática y dinámica de cada cuenca individual a la luz de que existen al menos dos fases de deformación superpuestas y una historia de extensión prolongada que va desde el Eoceno tardío al Mioceno. La integración de esta información en un modelo de evolución del sistema extensional cenozoico en su conjunto ayudará a establecer guías robustas de exploración de litio en Sonora y en otras regiones del país que presenten condiciones geológicas similares. Se agradece al proyecto CONAHCYT 322636 por el financiamiento y el apoyo técnico del personal de LitioMx.

SE06-8

SISMICIDAD REGISTRADA POR LA RED SÍSMICA DEL NORESTE DE SONORA (RESNES) EN EL PERIODO 2003-2011 CERCA DE LA REGIÓN EPICENTRAL DEL SISMO DEL 3 DE MAYO DE 1887 (MW 7.5)

Castro Escamilla Raúl Ramón
División de Ciencias de la Tierra, CICESE
raul@cicese.mx

La Red Sísmica del Noreste de Sonora (RESNES) se instaló en 2002 mediante un proyecto de grupo financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) en colaboración con la Estación Regional del Noroeste (ERNO) del Instituto de Geología de la UNAM y la División Ciencias de la Tierra del CICESE. Esta red sismológica consistía de 10 estaciones autónomas digitales que registraban tres componentes de aceleración del terreno (dos horizontales y una vertical) y un sensor vertical de velocidad de periodo corto. El principal objetivo de esta red fue estudiar la sismicidad del noreste de Sonora, y en particular la actividad sísmica en la zona epicentral del sismo de Sonora del 3 de mayo de 1887 (Mw 7.5). Los estudios realizados con los datos generados por la red RESNES permitieron identificar fallas activas en el noreste de Sonora y estudiar las réplicas del temblor histórico de Sonora. Se presentarán resultados de la sismicidad registrada desde el 2003 hasta el 2011, cuando la red dejó de operar. Los sismos localizados tienen magnitudes $M < 3.6$ y fueron registrados digitalmente por la red RESNES. Los epicentros de los sismos localizados se agrupan cerca de las fallas que rompieron con el evento de 1887 y la mayoría tiende a alinearse al sur de la falla Pitáycachi y a lo largo de las fallas Teras, Otates y Granados. Estos sismos pueden ser el resultado de un incremento en el esfuerzo de Coulomb, como resultado de la ruptura de 1887 (Suter y Contreras 2002). La sismicidad detectada también indica que posiblemente la ruptura del evento de 1887 se extiende más al sur de lo que se pensaba. La sismicidad localizada en el noreste de Sonora por la red RESNES confirma que el evento del 3 de mayo de 1887 (Mw 7.5) continúa generando réplicas y que la mayoría de los sismos relocalizados se originaron a profundidades corticales cercanas a la de los segmentos de fallas que rompieron en 1887.

SE06-9 CARTEL

EVALUACIÓN DE LA CONEXIÓN DE LOS SEDIMENTOS EN LAS BARRANCAS DE AMALACAXCO Y ALTZOMONI EN EL PARQUE NACIONAL IZTACÍHUATL-POPOCATÉPETL-ZOQUIAPAN (CENTRO DE MÉXICO), MEDIANTE FALLOW CS-137 Y LUMINISCENCIA ÓPTICAMENTE ESTIMULADA

Gómez Víctor Manuel¹, Muñoz Esperanza¹, Castillo Miguel¹ y Franco Osvaldo²
¹Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM
²Instituto de Geografía, UNAM
vmgp.mg@gmail.com

La conexión de los sedimentos es vital en los sistemas fluviales de alta montaña, sin embargo, es frágil y puede alterarse, precisando de estudios para comprender su dinámica y atenuar sus afectaciones. La finalidad de este trabajo es detectar los cambios en la conexión de los sedimentos a lo largo de un año en las cabeceras fluviales de Amalacaxco y Altzomoni. Estas se ubican dentro del polígono del Parque Nacional Iztacíhuatl-Popocatepetl-Zoquiapan, en el centro de México. Las dos cabeceras comparten los mismos rasgos físico-geográficos, pero, en Amalacaxco, se implementaron prácticas de manejo y en Altzomoni el ambiente es natural. El presente estudio propone una nueva metodología que integra las técnicas de fallow Cs-137 y de luminiscencia ópticamente estimulada (LOE) en las mismas localizaciones y compara los datos resultantes con algunos

los parámetros ambientales, como son la temperatura, precipitación y radiación solar. Cabe destacar que, este trabajo incorpora el Cs-137, complementando una investigación preliminar que evalúa la erosión con LOE en estas mismas cabeceras, llevado a cabo por Gómez Piña et al. (2023). La recolecta de muestras para el Cs-137 siguió la misma estrategia que para la LOE, pero en esta ocasión, se tomaron 240 muestras para el inventario de diagnóstico y 30 para el inventario de referencia. Las mediciones de Cs-137 se realizaron en el laboratorio Geocron-Q, integrado al Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía de la UNAM. Los resultados de actividad de Cs-137, vincularon los valores de ambos inventarios, donde se observó que, la mayoría de los de diagnóstico, tendieron a aumentar ladera abajo en ambas cabeceras. La moda de numerosas muestras de los dos inventarios reportó valores de cero o cercanos. Gran parte de los valores del inventario de diagnóstico se mantuvieron por debajo de los de referencia, con excepción de umbria en Amalacaxco en invierno y, en ambas laderas de Altzomoni en verano, donde los de diagnóstico sobrepasaron al de referencia. Concretamente, el Cs-137 reveló que los sedimentos tienden a desplazarse durante abril y agosto; especialmente en este último. Por el contrario, en diciembre, los valores indican que el sedimento casi no se moviliza. Por su parte, la LOE mostró que los sedimentos transportados en Altzomoni son jóvenes, mientras que, en Amalacaxco, aparece material antiguo del subsuelo en las secciones con prácticas de manejo. Las conclusiones revelan que, en Altzomoni, la erosión es superficial y ocurre principalmente durante las lluvias del verano y, por el contrario, en Amalacaxco, la erosión tiende a ser incisiva y ocurre casi todo el año. Se concluye que, la metodología propuesta es adecuada para evaluar de manera integral y exhaustiva la conexión de los sedimentos en zonas de alta montaña debido a que las técnicas de fallout Cs-137 y LOE aportan información complementaria sobre los procesos de transporte y erosión.

SE06-10 CARTEL

RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO DEL ÁREA EL RUSBAYO, FLANCO OCCIDENTAL DEL GRABEN PITÁYCACHI, SONORA ORIENTAL

Gill Moisa Carlos Manuel¹, Del Pilar Martínez Alexis²,
Levresse Gilles³ y Castillo Reynoso Juan Carlos⁴

¹Universidad de Sonora

²Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM

³Instituto de Geociencias, UNAM

⁴Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías
carlos.gil12@outlook.com

El graben Pitáycachi es una estructura con un rumbo N-S localizada en la frontera nororiental de Sonora, dentro de la provincia Basin and Range. Se extiende por 50 km, desde el rancho San Bernardino al norte hasta la Colonia Morelos al sur. En este trabajo se presentan los avances preliminares de un estudio geológico realizado en el área El Rusbayo, localizada en el flanco occidental del graben. La columna estratigráfica está compuesta de la base a la cima por: una secuencia estratificada de arenisca y lutita correlacionable con el Grupo Bisbee del Cretácico Inferior; un cuerpo intrusivo de granodiorita de presumible edad Paleoceno-Eoceno; una sucesión de flujos de lava basáltica del Mioceno (~22 Ma) y rocas del Plioceno que consisten en sucesiones poco consolidadas de arenisca y limolita con ocasionales niveles de yeso y tobas intercaladas. Estas rocas son cubiertas por una sucesión de gravas y arenas del Pleistoceno y sedimentos aluviales recientes. Petrográficamente, las rocas intrusivas presentan una textura fanerítica y mineralogía de cuarzo, feldespato potásico, biotita y plagioclasa reemplazada por clorita, epidota y sericita. Las lavas basálticas tienen una textura intergranular y se compone de fenocristales de plagioclasa, olivino y piroxeno en una matriz microlítica de plagioclasa. Ocasionalmente, estos basaltos presentan una textura vesicular rellena por epidota y clorita. En el área de estudio se identificaron fallas con cinemática normal y lateral derecha, ambas indicando una dirección de extensión NW-SE. Estas fallas cortan a los basaltos del Mioceno y a los sedimentos del Plioceno lo que sugiere una posible actividad durante el Cuaternario. El establecimiento preciso de las fases de deformación asociadas a la evolución geológica del graben se definirá con base en el fechamiento a futuro de las unidades litoestratigráficas.

SE06-11 CARTEL

REGISTRO DE ROCAS METASEDIMENTARIAS PALEOZOICAS Y TRIÁSICAS EN LAS REGIONES DE GUAYMAS, EL CHOYUDO Y EL COLORADO, COSTA CENTRAL DE SONORA

López Sánchez Giuliana Estephania¹, Del Pilar Martínez Alexis² y Calmus Thierry²

¹Universidad de Sonora

²Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM

giulianalopez1604@gmail.com

En la costa central de Sonora se han documentado pequeños afloramientos de rocas sedimentarias de presumible edad Paleozoico, Triásico o Jurásico presentes como techos colgantes de las rocas graníticas cretácicas. Todas estas rocas fueron exhumadas por fallamiento durante los dos últimos eventos extensionales ocurridos en el noroeste de México (Basin and Range y apertura del Golfo de California). Estas rocas fueron cartografiadas y muestreadas en tres localidades: Guaymas, El Choyudo y El Colorado. En la región de Guaymas se documentaron afloramientos de areniscas de grano fino y subordinados conglomerados. La roca

expuesta muestra una coloración grisácea y una estratificación con una orientación $015^{\circ}/33^{\circ}\text{SE}$. El afloramiento presenta alteración propilítica dominada por epidota y clorita. Petrográficamente la muestra es inmadura texturalmente, con granos subangulosos en una matriz sostenida de grano fino. La roca se clasificó como una arenisca de cuarzo. Esta región se encuentra afectada por diques andesíticos del Mioceno. En la región de El Choyudo se encontraron metasedimentos presentes como intercalaciones de limolitas con areniscas de grano fino con una foliación incipiente y una coloración grisácea-verdosa. Petrográficamente la roca muestra un alto contenido en cuarzo recrystalizado y una microfábrica granoblástica clasificada como una meta-arenisca. De manera particular este afloramiento muestra pliegues ptigmáticos, boudinage y está afectado por diques graníticos. En la región de El Colorado se registraron afloramientos de cuarcitas intercaladas con esquistos y calizas recrystalizadas intercaladas con pedernal. Estas calizas muestran una estratificación subvertical con una actitud $338^{\circ}/65^{\circ}\text{NE}$. Los esquistos exhiben parches de epidota, los cuales se encuentran distribuidos de manera regular en toda la roca. El esquisto presenta un alto contenido en muscovita con una microfábrica lepidoblástica clasificándose como un esquisto de muscovita. Esta primera información detallada está encaminada a realizar futuros estudios de procedencia de estas rocas con el objetivo de definir sus fuentes, edad y el contexto tectónico y paleogeográfico en el cual se formaron.

Sesión especial

SISMOS PEQUEÑOS, GRANDES DESAFÍOS

Organizadores

Marco Calò

Ericka Alinne Solano Hernández

Juan Martín Gómez González

Raúl Ramón Castro Escamilla

SE07-1 PLÁTICA INVITADA

CARACTERIZACIÓN DE LA ATENUACIÓN Y LA ENERGÍA SÍSMICA RADIADA EN LA ZONA EPICENTRAL DEL TERREMOTO DEL 3 DE MAYO DE 1857 (MW 7.5) MEDIANTE EL MONITOREO DE SISMOS PEQUEÑOS

Castro Escamilla Raúl Ramón
División de Ciencias de la Tierra, CICESE
raul@cicese.mx

El monitoreo de la microsismicidad registrada por la Red Sísmica del Noreste de Sonora (RESNES) durante el periodo 2003-2011 permitió identificar fallas activas en la región epicentral del terremoto del 3 de mayo de 1887 (Mw 7.5) y caracterizar la atenuación sísmica de la región y la energía radiada por las fallas activas. La red RESNES fue instalada y operada por personal de la Estación Regional del Noroeste (ERNO) del Instituto de Geología de la UNAM, con la colaboración del Departamento de Sismología del CICESE. Esta red permitió localizar sismos pequeños ($M < 3.6$) con buena precisión y la base de datos generada sirvió para hacer estimaciones de la atenuación de las ondas de cuerpo. Encontramos que el valor promedio del parámetro de decaimiento espectral κ aumenta con la distancia los primeros 70-80 km de la trayectoria y después disminuye entre los 80 y 100 km, lo que sugiere que la onda S se atenúa más a profundidades someras que para trayectorias más profundas. En esta región el factor de calidad estimado para la onda S es $Q(f) = 127 f^{0.7}$ para el primer kilómetro de la corteza y $Q(f) = 181 f^{0.7}$ entre 1 y 21 km de profundidad (Castro y Villalobos-Escobar, 2021). Las ondas P muestran una dependencia con la frecuencia similar, pero se atenúan más que las ondas S. Del análisis de la energía sísmica encontramos que sismos que radian energía normalizada alta (Es/Mo) están localizados en la región sur de la falla que rompió en 1887, lo cual sugiere que el esfuerzo tectónico se acumuló en esta zona después de la ruptura del terremoto de Sonora de 1887.

SE07-2

MICROSISMICIDAD EN LA PARTE NORTE DE LA CIUDAD DE ZACATECAS

Carrillo Sánchez David Leonardo¹, Gómez González Juan Martín²,
Escalona Alcázar Felipe de Jesús¹, Hidalgo Santacruz Dominic Alejandro¹,
Ramírez Ramírez Claudia Jocelyn¹ y Valle Rodríguez Santiago¹

¹ Unidad Académica de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Zacatecas "Francisco García Salinas"

² Instituto de Geociencias, UNAM
topdicon@live.com.mx

David Leonardo Carrillo-Sánchez¹, Juan Martín Gómez-González², Felipe de Jesús Escalona-Alcázar¹, Dominic Alejandro Hidalgo-Santacruz¹, Claudia Jocelyn Ramírez-Ramírez¹, Santiago Valle-Rodríguez¹ 1 Unidad Académica de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Zacatecas "Francisco García Salinas", Calzada de la Universidad 108, Fracc. Progreso, C.P. 98058, Zacatecas, Zac. 2 Instituto de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Juriquilla, Blvd. Juriquilla 3001, C.P. 76230, Querétaro, Qro. Resumen Entre junio de 2020 y diciembre de 2023 el Servicio Sismológico Nacional reportó un enjambre sísmico inusual en la zona Metropolitana de Zacatecas (ZMZ). Durante 42 meses se localizaron 530 eventos ($1 < M < 3$), en contraste durante 2024 sólo se han reportado 16 microsismos. Para tener un seguimiento sistemático de actividad instalamos una red sísmica de periodo corto, compuesta por 4 estaciones de tres componentes y 5 de una componente. La Red Sísmica de Zacatecas (RSZ) se diseñó para tener una buena cobertura de la parte norte del municipio de Zacatecas, donde se han reportado sismos, vibraciones y "ruidos en el subsuelo". La ciudadanía asegura que la sismicidad es generada por la actividad minera. Esa zona de la ciudad está asentada sobre antiguas obras mineras construidas durante la época Colonial, sin embargo, se desconoce su estado físico actual. El crecimiento urbano ha traído consigo un incremento por la actividad antropogénica, como las vibraciones generadas por el tránsito vehicular. La urbanización reciente también ha modificado el paisaje y las condiciones del subsuelo urbano, provocando un cambio en el régimen local de esfuerzos. La RSZ entró en operación a mediados de julio de 2024. Durante julio localizamos 96 microsismos ($1.0 M < 2.3$). La mayoría de la sismicidad

se distribuye hacia el norte y noroeste de la ciudad y parece de origen antropogénico, aunque al ser magnitudes tan pequeñas se requiere un análisis más detallado. Otros eventos se localizaron hacia el antiguo basurero municipal de Zacatecas y Hacienda Nueva, aunque también hay varios eventos adyacentes al entorno del horst de la Sierra de Zacatecas. En el límite norte de la capital los epicentros se ubican sobre los sistemas de vetas La Cantera, El Grillo y El Bote, estructuras minadas desde la época de la Colonia, en 1546 en que fue fundada la ciudad de Zacatecas. También existen varios epicentros alrededor de las fallas existentes entre Zacatecas y Vetagrande, principalmente de tipo normal. Se requieren más hipocentros para definir si la microsismicidad está asociada a dichas estructuras. La RSZ monitoreará la sismicidad, natural y antropogénica, de forma continua, lo que proporcionará datos objetivos que permitan definir su origen. Conforme se incrementa la densidad de localizaciones se refinará el modelo local de velocidades, lo que ayudará a mejorar la precisión de los epicentros, ello facilitará estimar el origen de la sismicidad y evaluar las opciones para mitigar su impacto.

SE07-3

LA SECUENCIA DE SISMOS MÚLTIPLES DE MORELIA DE 2007

Dominguez Ramírez Luis Antonio¹, Iglesias Mendoza Arturo¹, Santoyo García Galiano Miguel Ángel¹, Singh Shri Krishna¹ y Garduño Monroy Víctor Hugo²

¹ Universidad Nacional Autónoma de México

² Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
ladominguez@enesmorelia.unam.mx

En octubre de 2007 el servicio Sismológico Nacional reportó una secuencia de 7 sismos con magnitudes entre M2.5 y M3.0 en la región oriental de la Ciudad de Morelia, Michoacán. Los sismos ocurrieron en un periodo de 33 horas, el primero de ellos ocurrió el 16 de octubre del 2007 a las 9:46. En este estudio analizamos la distancias relativas de los sismos en esta secuencia para determinar si provienen de una misma fuente, o de un conjunto de fuentes cercanas. Para determinar la posible colocación de las fuentes usamos la interferometría de las ondas de coda. Utilizando el método propuesto por Snieder y Vrijlandt (2005), determinamos las distancias relativas entre fuentes. Este método consiste en analizar las variaciones en el coeficiente de correlación entre fuentes cercanas. Para validar y determinar la mejor combinación de parámetros del método, utilizamos un mini arreglo de cuatro estaciones localizado en la ciudad de Zihuatanejo, Guerrero. Este arreglo consiste de una red de 3 estaciones instaladas en forma casi cuadrangular alrededor de la estación ZIIG del Servicio Sismológico Nacional. En su conjunto las 4 estaciones forman un cuadrado de 100 metros de lado. Mediante la inversión de las distancias relativas, logramos determinar de forma aproximada la geometría del arreglo. Estos resultados permitirán determinar con mayor confiabilidad la posible existencia de sismos repetitivos.

SE07-4

CAMPO DE ESFUERZOS DE LA SISMICIDAD DE LA CUENCA DE MÉXICO

Bello Delia y Quintanar Robles Luis
Universidad Nacional Autónoma de México
delia@sismologico.unam.mx

En este estudio se hace un análisis de la actividad sísmica en el Valle de México utilizando los registros de las estaciones sísmicas cercanas. Se determinaron los mecanismos focales de los sismos ($M > 2$) en la Cuenca de México desde 2010 hasta 2024. Se seleccionaron eventos con una buena relación señal-ruido, es decir, llegadas de ondas P y S lo suficientemente claras. Los mecanismos focales se invirtieron utilizando los métodos ISOLA e Invers2, encontrando que la mayoría de la sismicidad del Valle de México presenta fallas de tipo normal. Los eventos resultantes fueron agrupados según su ubicación epicentral en cinco familias que llamaremos: a).- Zona Milpa Alta – Juchitepec, b).- Laderas de la Sierra de las Cruces, c).- Coyoacán-Benito Juárez y d) Noreste de la Ciudad de México y e) Sierra Chichinautzin. Con estos cinco grupos de eventos, se realizó un análisis del campo de esfuerzos local para detectar variaciones que nos permitan inferir cómo estos esfuerzos afectan la activación de fallas previamente cartografiadas. La mayor parte

de la actividad se concentra principalmente en las zonas occidentales, a lo largo de la Sierra de las Cruces y al sureste del Valle de México, en las zonas de Milpa Alta y Juchitepec. Este resultado es significativo porque la sismicidad de mayor magnitud se concentra en áreas poco urbanizadas al sureste de la Ciudad de México, la actividad en la parte centro-oeste representa un peligro debido a su profundidad somera en áreas altamente pobladas. La sismicidad, así como la subsidencia y las fallas en la región, son factores que contribuyen significativamente al aumento del riesgo sísmico en el área y deben ser considerados por las autoridades civiles como un asunto de máxima importancia.

SE07-5

ANÁLISIS DE ACELERACIONES SÍSMICAS EN LA CIUDAD DE MÉXICO POR SISMOS EN LA ZONA PONIENTE DE LA CIUDAD

Martínez Campuzano Uriel Alberto, Quintanar Robles Luis y Espíndola Castro Víctor Hugo
Instituto de Geofísica, UNAM
urielmartinez@encit.unam.mx

Este trabajo presenta un análisis exhaustivo de las aceleraciones registradas en la Ciudad de México para nueve sismos con epicentro en la zona poniente de la misma. Para el desarrollo del estudio se utilizaron los datos proporcionados por las estaciones de la Red Sísmica del Valle de México, incluyendo la Red Sísmica del Bachillerato (RESBAC), además de los valores PGA (Peak Ground Acceleration) reportados por el Centro de Instrumentación y Registro Sísmico (CIRES) y el Instituto de Ingeniería (IINGEN), redes que ofrecen una cobertura completa de la actividad sísmica en el Valle de México. Los sismos seleccionados, a pesar de su baja magnitud ($2.1 < M_w < 3.3$), fueron escogidos por su impacto en la población, y cuya magnitud fue determinada a través del cálculo del momento sísmico, utilizando la técnica de inversión del Tensor de Momento. De manera complementaria, el trabajo también explora la posibilidad de crear una relación empírica que permita obtener la Magnitud M_w de sismos en la zona poniente de la capital del país a partir del conocimiento del valor de PGA en cualquier estación cercana que registre claramente la señal de un sismo local.

SE07-6

SECUENCIA DE SISMOS $M_L \leq 5.0$ DE MAYO DE 2024 EN EL POBLADO ESTACIÓN DELTA, MEXICALI, BAJA CALIFORNIA

Ramírez Erik¹, Castro Artola Oscar Alberto², Vidal Villegas J. Antonio², Yegres Herrera Luis Alejandro² y Rösler Boris²

¹Instituto de Ingeniería, UABC

²CICESE

eramirez34@uabc.edu.mx

El día 12 de mayo de 2024 inició una secuencia sísmica focalizada debajo del Campo Geotérmico de Cerro Prieto (CGCP); contiguo al poblado Estación Delta, Mexicali, Baja California. Según el catálogo de la Red Sísmica del Noroeste de México (RESNOM), la secuencia constó de un sismo de $M 5.0$ a profundidad 11 km el 12/05/2024 y le sucedieron sismos de magnitudes locales 4.0, 4.7 y 4.3 dentro de las primeras 12 horas de ocurrencia del sismo principal. Le precedió un sismo de $M 4.2$ el día 8 de mayo de 2024 en la misma zona. La secuencia de sismos ocurrió en el extremo noroeste de la falla Cerro Prieto y entre las fallas Morelia y Nuevo León, en una cuenca pull-apart. El mecanismo focal del sismo principal indica un fallamiento normal con una componente de deslizamiento lateral, lo cual es coherente con el régimen tectónico transtensional de la región. Debido a la magnitud del sismo y la intensidad percibida en la población del Valle de Mexicali, se instaló una red temporal de 3 estaciones de banda ancha dos días después del evento principal, que operó por 14 días, para el registro de réplicas proporcionando una mejor cobertura azimutal en torno a la zona del CGCP. Se analizaron las formas de onda de 12 estaciones sísmicas: cuatro de seis componentes (velocidad y aceleración) cuyos datos recibe y procesa RESNOM; tres estaciones temporales de banda ancha; cinco estaciones de aceleración pertenecientes a Red Acelerométrica del Noroeste de México. Este análisis consistió en la identificación y asociación automatizada de tiempos de arribo usando algoritmos de inteligencia artificial de aprendizaje de máquina. Con los datos obtenidos se calculó de manera automática la localización de toda la secuencia utilizando un método no lineal para la inversión. Finalmente, se relocalizaron todos los eventos con un algoritmo de dobles diferencias en tiempo. Aunado al catálogo automatizado se presentarán los mecanismos focales del sismo con $M 5.0$ y de los tres $M \# 4.0$. La descripción detallada de esta secuencia es de suma importancia para la evaluación del peligro sísmico a las instalaciones de la Comisión Federal de Electricidad en el CGCP.

SE07-7

RECONSTRUCTION OF A SEISMIC SEQUENCE IN THE TOURISTIC CORRIDOR OF LOS CABOS OCCURRED ON JULY 17, 2024 ($M=3.8$) USING TWO NEURAL NETWORKS AND A BAYESIAN INFERENCE

Ortega Roberto¹, Quintanar Luis², Espíndola Víctor Hugo¹, Beltrán Joel³ y Carciumaru Dana⁴

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE

²UNAM

³ORBIS CONSULTORES

⁴CICESE

ortega@cicese.mx

In this study, we present the reconstruction of a seismic sequence catalog for the tourist city of Los Cabos, Baja California Sur, using two neural networks and probabilistic Bayesian inference. This catalog aims to accurately locate seismic events from their initial precursors to the aftershocks following a 3.8 magnitude earthquake that occurred on July 17, 2014. The events are concentrated in the Los Cabos tourist corridor, extending from the inland coast to the offshore areas. Prior to the main event, a seismograph was installed approximately 3 km from the epicenter, which significantly improved the accuracy of event localization. Four days later, a small network of six instruments was deployed around the area to precisely locate all subsequent aftershocks. The preliminary catalog obtained from these instruments was used to train the two neural networks required for seismic monitoring. These networks were later implemented in a seismograph located in San José del Cabo, which has been continuously recording seismic activity for the past three years. It is worth noting that citizen science efforts have made it possible to use such records for seismicity analysis of this nature. In addition, the major events are analyzed in an effort to obtain the type of faulting through waveform modeling. According to previous geological studies of faults mapped by INEGI, this seismicity could be associated with a system of faults in an E-W direction or with a fault in an N-S direction in the eastern part of the study area.

SE07-8

CRUSTAL STRUCTURE OF THE AEOLIAN ISLANDS (SOUTHERN ITALY) USING 20 YEARS OF SEISMICITY

Calò Marco¹, Di Luccio Francesca², Ursino Andrea², Scaltrito Antonio², Granados Chavarría Iván², Santana Cedillo Brenda Lizeth³ y Palano Mimmo⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Instituto Nacional de Geofísica y Vulcanología de Italia

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

⁴Universidad de Palermo, Italia

calo@geofisica.unam.mx

The Aeolian Islands are a volcanic archipelago in the southern Tyrrhenian Sea, off the coast of southern Italy. Their origin is associated with the subduction process occurring between the African and European plates and resulting in a back-arc basin that hosts the ongoing volcanism. The crustal tectonic setting in this region is quite complex, with strike-slip, compressive, and extensional regimes coexisting within a few dozen kilometers, giving rise to significant active volcanic systems such as Mount Etna to the south, Vulcano and Stromboli to the north. In this study, we focus on the moderate and low-magnitude seismicity recorded over the last 20 years in the region to image the crustal structure of the southern Tyrrhenian Sea using the Enhanced Seismic Tomography workflow. Preliminary results show that we are able to characterize fine structures and describe the geometries that play a crucial role in this complex tectonic puzzle. This work is performed in the framework of the INGV PD-CAVEAT project and supported by the collaboration UNAM-INGV on the study of volcanic and geothermal systems.

SE07-9

SATELLITE INSAR TO NAVIGATE THE COMPLEXITIES OF MICRO-EARTHQUAKES: A CASE STUDY FROM WESTERN MEXICO CITY

Miranda García Paulina¹, Solano Rojas Darío¹, Cruz Atienza Víctor M.², Aguilar Velázquez Manuel¹, Tago Josué¹, Domínguez Luis A.², Villafuerte Carlos², Espíndola Víctor H.², Bello Segura Delia³, Quintanar Robles Luis² y Perton Mathieu⁴

¹Facultad de Ingeniería, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

⁴Instituto de Ingeniería, UNAM

pmg4682@gmail.com

For decades, seismic sequences have been reported to the west of Mexico City, with the most recent one occurring in 2023. The study of micro-earthquakes is a challenging task due to the lack of resources and detailed subsurface information and the heterogeneity of the medium, which causes waves to reflect and refract at interface changes. All this preventing us from accurately determining the location of earthquakes, always leaving a margin of uncertainty. As a solution, massive instrumentation of the area with seismic stations and GPS devices could be proposed; however, this is a high-cost solution and not very feasible since the location of active faults is difficult to determine, and it is a highly urbanized area. For

large-magnitude earthquakes, remote sensing techniques such as Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) help obtain indirect information about seismic activity, although for smaller magnitude earthquakes, the applicability of the technique is diminished due to the small amplitude of the surface displacement signals. Cases of displacements associated with shallow seismicity induced by fracking have been reported, and with InSAR, surface deformation signals of ~2.8 cm have been observed, associated with earthquakes of $M_w=4.6$ and a depth of 700 meters. In this work, a systematic and exhaustive search for signals associated with earthquakes at depths of < 1 km and $M_w < 4$ occurring in Mexico City was carried out. The SSN catalog and InSAR techniques applied to images from the Sentinel-1 mission were used. A total of 13 shallow earthquakes between 2017 and 2024 were analyzed. Our systematic analysis revealed signals associated with the May and December 2023 sequences around the Barranca del Muerto and Mixcoac faults, with two earthquakes located at a depth of less than 1 km and a magnitude of $M_w 3.2$. The coseismic interferograms of these events show displacements with a maximum amplitude of approximately 1 and 2 cm in the Line of Sight geometry of the satellites, with a spatial extent of 1.5 and 1.2 km, oriented NE-SW, coinciding with the topographic slopes in the western hills. The InSAR technique has also been used to monitor deformations of different origins from seismic ones, such as subsidence associated with the overexploitation of aquifers and subsidence associated with mechanical overload from constructions. Typically, whether due to subsidence associated with the overexploitation of aquifers or with mechanical overload, surface signals differ from those corresponding to an earthquake, as they don't show lobes corresponding to a hanging wall or footwall block of a fault. They are signals of smaller amplitude that usually follow/contour the geometry of the constructions or a geological change, such as the boundaries of geotechnical zoning. Aguilar-Velázquez, M. J., Miranda-García P., Cruz-Atienza V. M., Solano-Rojas D., Tago J., Domínguez L. A., Villafuerte C., Espíndola V. H., Bello-Segura D., Quintanar-Robles L. and Perton M. Interplay of slow-slip faults beneath Mexico City induces intense seismicity over months. <https://doi.org/10.31223/X5999Q> Under review, Tectonophysics, 2024.

SE07-10 PLÁTICA INVITADA

SLOW SLIP EVENTS BENEATH MEXICO CITY INDUCE INTENSE SEISMICITY OVER MONTHS

Cruz-Atienza Víctor M.¹, Solano-Rojas Darío², Aguilar-Velázquez Manuel J.², Miranda Paulina³, Tago Josué², Domínguez Luis A.¹, Villafuerte Carlos¹, Espíndola Víctor H.¹, Bello-Segura Delia¹, Quintanar-Robles Luis¹ y Perton Mathieu³

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Facultad de Ingeniería, UNAM

³Instituto de Ingeniería, UNAM

cruz@geofisica.unam.mx

In February 2023, a long seismic sequence began in western Mexico City causing widespread panic and some damage to housing infrastructure. On May 11 and December 14, two $M_w 3.2$ mainshocks occurred at less than 700 m depth. Unprecedented satellite interferograms captured tectonic deformations in the two epicentral zones during the days surrounding the earthquakes. Data analysis revealed extended slip with maximum values around 8 cm on two sub-parallel east-west trending normal faults 800 m apart: namely the Barranca del Muerto (BM) fault to the south and the Mixcoac fault to the north. Detailed microseismicity analysis showed that 95% of the slip on the BM fault was aseismic and initiated at least 6 days before the May 11 earthquake on the main asperity, located 1 km east of the hypocenter and ~1.2 km deep. For the December event on the Mixcoac fault, ~70% of the slip was also aseismic but shallower (mostly above 600 m), which can be partially explained by the induced stresses on that fault due to the May slip on the BM fault. A quantitative geomorphological analysis allowed to establish the structural connection between both buried faults and their geomorphic expression to the west, with surface extensions of ~3.5 and ~4.5 km in the hilly area –where the most intense seismicity concentrates– that are consistent with an $M_w \sim 5.0$ hypothetical rupture. The spatiotemporal patterns of fast and slow earthquakes suggest that the seismotectonics west of the city comprises two mechanically distinct zones: a stable region prone to aseismic deformation to the east where faults are buried under water-rich sediments, and an unstable region to the west, prone to seismic radiation where faults are expressed geomorphologically. The seismic swarms in this area appear then to result from the regional NS extensional regime, the stresses induced to the west by slow slip on the eastern fault segments and the interaction between these faults. To our knowledge, this is the first three-dimensional mapping of seismogenic faults in Mexico City and the seismic hazard they could pose is a particularly sensitive issue. Although very unlikely due to the large return periods of shallow ruptures in the Transmexican Volcanic Belt, an eventual $M_w \sim 5.0$ earthquake could mean significant damage near the source (i.e. at distances of ~5 km). Rupture propagation and near-field effects, combined with wave propagation in the extreme sedimentary basin where much of the city lies, could produce ground motions not yet observed in the nation's capital, as unexpectedly occurred during the 1985 and 2017 earthquakes despite the knowledge gathered by experts up to those two dramatic moments in history. Reference: Aguilar-Velázquez, M., Miranda-García P., Cruz-Atienza V., Solano-Rojas D., Tago J., Domínguez L., Villafuerte C., Espíndola V., Bello-Segura D., Quintanar-Robles L. and Perton M. Interplay of slow-slip faults beneath Mexico City induces intense seismicity over months. DOI: <https://doi.org/10.31223/X5999Q> Under review, Tectonophysics, July 2024.

SE07-11 CARTEL

ANÁLISIS DE SISMICIDAD INTRAPLACA EN EL ESTADO DE QUERÉTARO

García Delgado Mario Eduardo¹, Gómez González Juan Martín² y Sánchez Ruezga Jacqueline Montserrat¹

¹Universidad de Guadalajara

²Instituto de Geociencias, UNAM

mario.gdelgado@alumnos.udg.mx

En la región centro de México poco se conoce sobre el fenómeno sísmico. Diferentes monitoreos en Querétaro, mediante redes temporales, han evidenciado un nivel importante de sismicidad, sin embargo, han sido insuficientes para describir con detalle su origen y comportamiento espacial. A partir de septiembre de 2021 el Instituto de Geociencias de la UNAM (IGC) desplegó la Red Sísmica de Querétaro (ReSiQ), primer arreglo permanente en el centro de México, la cual abarca más del 50% del territorio queretano. La ReSiQ se compone de 10 estaciones de diferentes periodos y transmite los datos en tiempo real hacia el Campus UNAM-Juriquilla. Las localizaciones hipocentrales son cada vez más precisas, lo que permite un estudio sistemático de la sismicidad local y regional. De enero de 2023 a marzo de 2024 localizamos 385 microsismos ($ML < 4$), la mayoría de ellos hacia el NE del estado. En varias zonas la sismicidad es paralela al eje principal de la Sierra Madre Oriental, ello confirma las tendencias obtenidas con base en el método de localización monoestación durante los monitoreos con redes temporales. La ReSiQ también ha permitido localizar varios eventos en Guanajuato, San Luis Potosí e Hidalgo, así como algunos eventos antropogénicos asociados a la actividad minera que se lleva a cabo en el centro-este de Querétaro. Las localizaciones de la ReSiQ ayudan a describir el comportamiento espacial de la microsismicidad, acotar su distribución y sugerir las probables fallas asociadas. Conforme se incrementa el catálogo de sismicidad se entenderá mejor su comportamiento y evolución. Estas localizaciones ya forman parte del Atlas Estatal de Riesgo, lo que ayudará a estimar el peligro sísmico en el estado de Querétaro. Las autoridades de Protección Civil contarán con información básica para implementar medidas de mitigación y planes de salvaguarda para la población.

Sesión especial

ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO, GEOFÍSICO E HIDROMETEOROLÓGICO Y DEL MONITOREO DEL VOLCÁN PICO DE ORIZABA (CITLALTÉPETL)

Organizadores

Rafael Torres-Orozco
José Luis Arce Saldaña
Francisco Córdoba Montiel
Víctor Hugo Soto Molina

SE08-1

EVOLUCIÓN Y MAPA GEOLÓGICO DE LOS PRODUCTOS EFUSIVOS DEL VOLCÁN CITLALTÉPETL EMITIDOS DURANTE EL HOLOCENO

Fernández Salvador¹, Gómez Vasconcelos Martha Gabriela¹, Macías
Vázquez José Luis², Avellán Denis Ramón³, Alcalá Reygosa Jesús⁴, Cisneros
Máximo Guillermo⁵, Sánchez Núñez Juan Manuel⁶ y Carllón Allende Teodoro⁶

¹UMSNH, INICIT²Instituto de Geofísica, UNAM³CONAHCYT-Instituto de Geofísica, UNAM⁴Universidad Autónoma de Madrid, España⁵Instituto de Geofísica, Unidad Morelia, UNAM⁶Instituto Politécnico Nacional, IPN
salvador9726@gmail.com

El volcán Citlaltépetl (VC) es un estratovolcán en estado de quietud que ha sido estudiado por varios autores a lo largo del tiempo, sin embargo, la gran mayoría de estos trabajos se centran en la actividad explosiva del volcán, dejando de lado la actividad efusiva, lo que tiene como consecuencia un gap de información en el registro geológico del volcán. Por esa razón, este trabajo hace una descripción detallada de las características morfológicas, petrográficas y geoquímicas de los depósitos efusivos emitidos durante el Holoceno, además de proponer su secuencia estratigráfica mediante fechamientos ³⁶Cl y ²³⁸U/²³⁰Th para poder entender su distribución espacio temporal y describir los procesos volcánicos que dieron origen a estos depósitos, con la finalidad de proponer un modelo de evolución volcánica del VC a lo largo del Holoceno. A partir del análisis espacial, trabajo de campo y de laboratorio, se definieron 15 unidades efusivas del Holoceno del VC: 14 flujos de lava y un domo, la mayoría de composición dacítica y solo tres de composición andesítica, con los cuales se generó un mapa geológico de la actividad efusiva en el Holoceno. Con el cálculo de los parámetros morfológicos y con los resultados del porcentaje de SiO₂, y porcentaje de fenocristales en la muestra se observó que los flujos de lava emitieron volúmenes de magma entre 0.08 y 1.01 km³, alcanzando distancias de entre 1.5 y 10.6 km desde el cráter, y que los magmas con menor porcentaje de SiO₂ alcanzaron mayores distancias desde el cráter. Posteriormente mediante un análisis de la literatura y por medio de los fechamientos, se propuso un modelo de evolución volcánica donde se describió cada uno de los depósitos efusivos en el tiempo, y con estas observaciones consideramos que la mayoría de las unidades efusivas podrían estar relacionadas con fases explosivas, por lo que es necesario realizar un trabajo que una ambas partes.

SE08-2

PYROCLASTIC STRATIGRAPHY OF THE SOUTH- WESTERN SECTOR OF PICO DE ORIZABA STRATOVOLCANO, PUEBLA-VERACRUZ, MEXICO

Sourisseau Delphine Roselyne Nathalie¹, Arce José
Luis², Macías José Luis² y Carrillo Mondragón José Juan³

¹Instituto de Geología, UNAM²Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM³Facultad de Ciencias, UNAM

d.sourisseau@geologia.unam.mx

Pico de Orizaba volcano is a Late Pleistocene to Holocene andesitic to dacitic stratovolcano located in the easternmost part of the Trans-Mexican-Volcanic-Belt. Pico de Orizaba coexists with the Cofre de Perote, Las Cumbres, La Gloria Complex,

and the Sierra Negra volcanoes in the N-S-oriented Citlaltépetl-Cofre de Perote volcanic range. Pico de Orizaba is the highest volcano of Mexico as it reaches an altitude of 5636 m above sea level. The evolution of Pico de Orizaba was divided into three phases of activity related to the construction and destruction of the Torrecillas (Phase I - 650 to 290 ky) and Espolón de Oro volcanoes (Phase II - 210 to 16.5 ky), and construction of the actual Pico de Orizaba volcano (Phase III - 13 ky to AD 1687). The present volcano is formed by dacitic, and andesitic lava flows interlayered with fallout deposits: T-II (~8170 yrs BP), T-III (4060 yrs BP), T-IV (3450 yrs BP), and T-V (690 yrs BP) dacitic plinian eruptions (Höskuldsson and Robin, 1993). South-west of Pico de Orizaba, this activity was associated to the deposition of a complex sequence of Ash-and-Scoria and Block-and-Ash pyroclastic flows called: Xilomich (8710 to 8170 yr BP), Loma Grande (6200 yr BP), and Texmola (1910 to 1860 yr BP) depending on their 14C ages. Here, we present a new stratigraphy of the sequence of Ash-and-Scoria, Block-and-Ash pyroclastic flows, and pyroclastic falls deposited south-west of Pico de Orizaba based on new stratigraphic descriptions, sedimentologic characteristics, and 14C radiometric dating in charcoal.

SE08-3

REINTERPRETACIÓN DE LAS DOS ERUPCIONES PLINIANAS PÓMEZ CITLALTÉPETL DE 8670-8250 AP DEL VOLCÁN PICO DE ORIZABA: LITOESTRATIGRAFÍA, EIDADES (C14), PELIGROS Y DINÁMICA ERUPTIVA

Torres-Orozco Rafael¹, Vázquez-Montoya Matías Nicolás²,
Arce José Luis³, Sieron Katrin⁴ y Córdoba-Montiel Francisco¹

¹Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana²Programa de Maestría en Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana³Instituto de Geología, UNAM⁴Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR), Geological Survey, Germany
ratorres@uv.mx

El Pico de Orizaba o Citlaltépetl (~650,000 años de edad), localizado en el sector oriental de la Faja Volcánica Trans-Mexicana, es el estratovolcán andesítico más alto de Norteamérica (5650 msnm). Su actividad eruptiva más reciente ocurrió en 1600-1700 CE, mientras que la última erupción Pliniana conocida y estudiada en trabajos previos, la Pómez Citlaltépetl (PC), sucedió a inicios del Holoceno. En este trabajo, debido a la mayor disponibilidad de afloramientos que existe en la actualidad alrededor del volcán, así como al desarrollo de métodos de análisis más precisos, reinterpretemos los eventos eruptivos que originaron los depósitos PC. Para ello, se realizaron descripciones litoestratigráficas milimétricas y mapeo en campo, nuevos fechamientos por radiocarbono (C14), análisis químicos y texturales (componentes y petrografía), y se calcularon parámetros eruptivos utilizando los métodos más recientes. Los resultados de campo y C14 indican que los depósitos PC fueron originados por dos erupciones distintas: Citlaltépetl Inferior (CI, <8670 ± 30 y >8270 ± 30 AP) y Citlaltépetl Superior (CS, <8270 ± 30 y >8250 ± 30 AP), separadas por un paleosuelo rico en materia orgánica (5-10 cm-espesor). Ambas erupciones involucraron: (i) fases iniciales de generación de corrientes piroclásticas de densidad (CPDs) ricas en clastos densos, (ii) fases Plinianas caracterizadas por la formación de columnas eruptivas de 21-28 km-altura y depósitos de caída de escoria dispersados hacia el oriente, y (iii) fases finales de colapso parcial y/o total de la columna y formación de CPDs diluidas. Ambas erupciones tuvieron magnitudes >= 4, ya que alcanzaron tasas eruptivas de 10⁸ kg/s y formaron depósitos con volúmenes de 0.13 – 0.44 km³. Los resultados químicos y texturales de cada erupción indican que CI y CS están formadas por escorias bandeadas (CI, >60 vol.%) y escorias (CS, ~87 vol.%) de composición andesítica (57-59 wt.% SiO₂), con minerales de plagioclasa ± clinopiroxeno ± ortopiroxeno > anfíbol ± óxidos. Adicionalmente, CI contiene ~6 vol.% clastos de pómez dacítica (63 wt.% SiO₂) con

minerales de plagioclasa $\pm$ ortopiroxeno $\pm$ óxidos; los cuales, además, forman las bandas de color claro en las escorias bandeadas de CI. El análisis de componentes reveló que las fases iniciales de CI y CS involucraron el colapso de domos y/o probable actividad hidromagmática que liberó el conducto; mientras que las fases Plinianas fueron detonadas por descompresión magmática. Los componentes de CI sugieren que esta erupción en específico estuvo asociada a la mezcla física de los magmas andesítico y dacítico. En caso de reactivación y erupción Pliniana del Pico de Orizaba, por lo menos medio millón de personas que habitan a <30 km-distancia del cráter, principalmente asentadas en el Estado de Veracruz, se verían severamente amenazadas por caídas piroclásticas y por los diversos tipos de CPDs descritos en este trabajo.

SE08-4

FLUJOS DE BLOQUES Y CENIZAS ÁVALOS Y LA PERLA: EJEMPLO DE MAGMAS HÍBRIDOS DEL VOLCÁN CITLALTÉPETL

Carrillo Mondragón José Juan¹ y Arce Saldaña José Luis²¹Universidad Nacional Autónoma de México²Instituto de Geología, UNAM

juancarrillomon9@gmail.com

El Citlaltépetl es un volcán activo en estado de reposo, ubicado entre los estados de Puebla y Veracruz, en la parte más al este de la Faja Volcánica Transmexicana. En su registro estratigráfico del Holoceno se encuentran dos depósitos de flujos piroclásticos de bloques y cenizas (FBC), denominados como Ávalos (en el flanco oeste del volcán) y La Perla (al sureste del volcán). Se realizaron análisis petrográficos, geoquímicos de roca total y microsonda electrónica de las fases minerales y vidrio de muestras de los dos depósitos. La composición química de ambos FBC's es homogénea, tanto en elementos mayores (63.7-64.01% en peso de SiO₂ y 6.6-6.9% en peso de álcalis), como en elementos traza, enriquecidos en elementos fácilmente móviles en fluidos acuosos y con anomalías negativas en elementos como el Nb, Ta, Zr y Ti. Estas características químicas, aunado a las altas relaciones de Ba/La y Ba/Nb indican que la fuente del manto que originó al magma de los FBC's Ávalos y La Perla fue afectada principalmente por los fluidos del slab, con poca o nula contribución de fundidos de sedimentos. Por otro lado, la presencia de texturas de desequilibrio en diferentes fases minerales, la alta variabilidad composicional en el vidrio de la matriz y en los cristales de plagioclasa (así como zoneamiento inverso), y la presencia de fases minerales máficas (olivino, clinopiroxeno y ortopiroxeno) dentro de una matriz vítrea de composición riolítica, sugieren que el magma que dio origen a ambos FBC's fue un magma híbrido, resultado de la mezcla de un magma máfico que se inyectó en un magma félsico. El magma máfico probablemente se encontraba a 14.2-14.7 km de profundidad, tenía una temperatura de entre 920-1044 °C y un contenido de agua de 7% en peso; mientras que el reservorio híbrido que dio origen a los FBC's Ávalos y La Perla se encontraba a una profundidad más somera y de menor temperatura (entre los 7.19.5 km y 873-841 °C), con un contenido de agua de 6.3% en peso. Al parecer la mezcla de magmas es un evento común en la historia de actividad volcánica del Citlaltépetl.

SE08-5

EVIDENCIAS DE MEZCLA MECÁNICA DE MAGMAS (MINGLING) EN EL VOLCÁN CITLALTÉPETL: FLUJO PIROCLÁSTICO JAMAPA (~5 KA)

Arce José Luis¹, Macías José Luis², Torres-Orozco Rafael³,
Avellán Denis Ramón⁴ y González Mireya⁵¹Instituto de Geología, UNAM²Instituto de Geofísica, UNAM³Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz⁴Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM⁵Instituto Politécnico Nacional, ESIA, Ticomán

jlance@geologia.unam.mx

El volcán Citlaltépetl (5650 msnm) se localiza al este de la Faja Volcánica Transmexicana y es considerado un volcán activo en estado de reposo, pero con actividad fumarólica y sismos volcánicos frecuentes. Durante el Holoceno, hay registros de al menos ocho erupciones explosivas intercaladas con cuatro erupciones efusivas. Un nuevo evento explosivo no descrito anteriormente, tuvo lugar alrededor de 5,000 años antes del presente, el cual generó corrientes piroclásticas de densidad que emplazaron el depósito de Flujo Piroclástico Jamapa (FPJ). Estos depósitos se distribuyeron hasta una distancia de 3.6 km sobre el flanco norte del volcán (1 m-espesor) y consisten de bloques subredondeados a redondeados de pómez dacítica porfídica (64 wt. % SiO₂), escoria andesítica (59 wt. % SiO₂), clastos bandeados vesiculares y bloques densos de andesita (62 wt. % SiO₂). La pómez contiene fenocristales de plg + opx + cpx $\pm$ anf, mientras que la escoria presenta fenocristales de opx + cpx + anf + plag $\pm$ óxidos de Fe-Ti. Los bordes de la plg varían de An30-An50 (pómez) y An30-An80 (escoria). El vidrio de la matriz tiene una composición heterogénea que varía de dacita a riolita. Mediante el geotermómetro de ortopiroxeno se obtuvieron diferentes temperaturas y presiones variables (912°C y 200 MPa para la pómez, 1014°C y 900 MPa para la escoria). Estas características sugieren que un magma de alta temperatura (#1014°C) y relativamente máfico ascendió desde una profundidad de #27 km hasta alcanzar el reservorio dacítico del Citlaltépetl, localizado a #6 km de profundidad. El arribo del magma máfico a la base del reservorio dacítico

provocó un aumento de la temperatura y saturación de volátiles, lo que generó el ascenso de ambos magmas, mismos que se mezclaron en el conducto volcánico. Resultados preliminares de análisis de microtomografía en 3D sugieren que, debido a la diferencia importante de viscosidades de los magmas andesítico y dacítico, la mezcla entre ellos fue principalmente física. Esta mezcla favoreció tasas de deformación altas debido a esfuerzos de cizalla en el contacto entre ambos magmas, provocando la fragmentación que dio lugar a la erupción explosiva. Esta erupción produjo corrientes piroclásticas densas que probablemente pasaron por encima del glaciar norte del volcán, dando lugar a la formación de fragmentos vesiculares con estructura de coliflor. Este tipo de eventos son peligrosos, ya que, aparentemente, desde el arribo del magma máfico al reservorio dacítico no pasó mucho tiempo para que tuviera lugar la erupción. Este tipo de eventos son de pequeña magnitud y de dispersión restringida; sin embargo, pueden generar lahares por el deshielo glaciar, los cuales sí pueden afectar zonas habitadas alejadas del volcán.

SE08-6 PLÁTICA INVITADA

LA PLOMERÍA DEL VOLCAN CITLALTÉPETL, DERIVADA DE LA DISTRIBUCIÓN DE DENSIDADES EN SU INTERIOR

Álvarez Román¹, Camacho Miguel¹, Torres-Orozco Rafael², Córdoba-
Montiel Francisco³, Ulices Que-Salinas Silvano¹ y Delgado-Granados Hugo³¹Universidad Nacional Autónoma de México²Universidad Veracruzana³Instituto de Geofísica, UNAM

roman.alvarez@iimas.unam.mx

Existen registros de actividad fumarólica en el volcán Citlaltépetl (CT), o Pico de Orizaba, durante los últimos 300 años; sin embargo, no se han registrado erupciones en este período. No obstante, están registradas erupciones durante el Pleistoceno tardío y el Holoceno, entre 4.0 y 4.6 ka. El cono ha sido destruido por colapso gravitacional, produciendo depósitos de avalancha. Este estratovolcán es el de mayor elevación en México (5650 m). En este trabajo utilizamos gravimetría derivada de datos satelitales de alta resolución (220 m) denominados GGMplus para obtener la anomalía de Bouguer en un área de 50 x 50 km² que contiene al volcán CT; la elevación en cada punto también debe conocerse y para ello empleamos el modelo topográfico con resolución de 15 seg-arc (~450 m, ETOPO1), de tal forma que el mallado base tiene finalmente esta separación. La anomalía de Bouguer (mGal) la transformamos mediante una inversión 3D en un volumen de densidades (g/cm³) de 50x50x10 km³ tal que reproduce los valores observados de gravedad dentro de un margen de error de 5% de la desviación standard. Efectuamos inversiones 3D con resoluciones para esos modelos, que escogemos de acuerdo con la precisión con la que queremos observar diferentes zonas volcánicas. En este estudio utilizamos resoluciones de 1000, 500 y 250 m, que nos permiten inferir no solo la distribución de materiales al interior del volcán CT, sino que revelan la existencia de una inesperada anomalía de baja densidad al N del CT, que finalmente asociamos con el Complejo Volcánico de Las Cumbres (CVLC). A esta resolución, la anomalía de baja densidad se extiende verticalmente 9 km desde la cima, hasta 4 km bnm, aunque el mínimo se encuentra a 2.5 km snm. Cuando incrementamos la resolución de la inversión 3D a 250 m, en un área de 12 x 12 km², podemos observar varios conductos de la plomería del CT, por la que se distribuyen materiales magmáticos a diferentes regiones del cono volcánico. La sección E-W a través de la cima muestra un conducto de bajas densidades que va desde 1 km bnm hasta la cima, en el que se distingue una sección cilíndrica de 4 km de diámetro en la que la densidad disminuye hacia la parte central y que identificamos como la principal alimentación de material magmático; esta sección tiene mínimos a 1200, 2500 y 3500 m snm. Bajo la cima del CT y a 3500 msnm, la concentración de material de baja densidad se distribuye hacia diferentes partes de la superficie volcánica a través de diversos conductos. En varias regiones de la parte superior del cono se observan materiales de alta densidad, que parecen bloquear y desviar a los conductos de baja densidad. Adelantamos que, como ha ocurrido en otros volcanes, hay el peligro de que esos bloques deriven en taponamientos y explosiones de la parte superior del cono, generando altos riesgos a las poblaciones vecinas.

SE08-7

LA RED SÍSMICA DE BANDA ANCHA DEL PICO DE ORIZABA: AVANCES Y RETOS DEL OBSERVATORIO SISMOLÓGICO Y VULCANOLÓGICO DE VERACRUZ

Córdoba Francisco¹, Torres Orozco Rafael¹, Iglesias Mendoza Arturo², Mendoza
Carvajal Antonio de Jesús³, Navarro Estrada Fernando³, Que-Salinas Silvano Ulices¹,
Soto Víctor¹, Márquez Ramírez Víctor Hugo³, Grupo de Trabajo Centro Nacional
de Prevención de Desastres⁴ y Grupo de Trabajo Servicio Sismológico Nacional¹¹Universidad Veracruzana²Universidad Nacional Autónoma de México³Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED⁴Servicio Sismológico Nacional

fcoordoba@uv.mx

El volcán Pico de Orizaba o Citlaltépetl es la cima más alta en México y se localiza entre los estados de Puebla y Veracruz, en el sector oriental de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM). En los últimos 500 años, se han reportado tres etapas eruptivas conformadas por emisiones de ceniza y flujos de lavas, emisiones aisladas de ceniza, y más recientemente, entre 1864 y 1867, emisiones de ceniza y fumarolas visibles. Este volcán es considerado activo pero su estado actual es

en reposo. La primera etapa de monitoreo sísmico fue impulsada por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), la Universidad Veracruzana (UV) y las unidades estatales de Protección Civil de los estados de Puebla y Veracruz, dando lugar a la puesta en marcha en la cara norte, de la primera estación de monitoreo del Pico de Orizaba (Halcón, POHV) en 1998. Posteriormente, en el 2001, el CENAPRED con el apoyo de la UV y Protección Civil de Veracruz, reforzaron el monitoreo con la segunda estación en el flanco sur (Chipe, POC). En un esfuerzo por contar con una red básica (3 estaciones), aunque se instaló la tercera estación en 2003, diversos problemas cancelaron su operación permanentemente. Los datos que han generado las estaciones POHV y POC han permitido identificar principalmente eventos de tipo volcano-tectónico (VT), algunos eventos de periodo largo (LP), lahares y deslizamientos de tierra. Recientemente, ha dado inicio la segunda etapa del monitoreo del volcán reforzada con la incorporación del Servicio Sismológico Nacional (SSN) y el apoyo de la sociedad civil, que ha permitido que a partir de este 2024, en el Pico de Orizaba opere su primera red sísmica de banda ancha que incluye tres sismómetros de este tipo, y que transmite sus datos en tiempo real a los centros de monitoreo del CENAPRED, el SSN y la UV. Por otra parte, el Observatorio Sismológico y Vulcanológico de Veracruz (OSV), creado en 2014 y adscrito al Centro de Ciencias de la Tierra (CCT) de la Universidad Veracruzana; enfoca sus actividades a la revisión y discriminación de los eventos de origen volcánico, particularmente y en tiempos recientes, mediante el empleo de herramientas de la Inteligencia Artificial, en especial el uso de redes neuronales convolucionales, que ha permitido la revisión detallada de una parte de la base de datos sísmicos disponible, y que se pretende en el corto plazo, se implemente en el OSV para su operación automática con los datos de la nueva red. En el mismo sentido, considerando además de los procesos internos del volcán, es menester señalar que los cambios en el glaciar que han acelerado su retracción están generando otros eventos superficiales que también deberán ser monitoreados e identificados, tales como la mayor frecuencia de derrumbes y la ocurrencia de lahares secundarios, que acentúan la necesidad de implementar sistemas de alerta temprana. La calidad de la nueva red sísmica, además del monitoreo continuo, brindará en consecuencia información científica valiosa para la mejor comprensión de su dinámica interna y externa.

SE08-8

NUEVA RED DE MONITOREO GEOFÍSICO Y AMBIENTAL DEL VOLCÁN PICO DE ORIZABA: ESTADO ACTUAL, ÚLTIMAS EVIDENCIAS DE ACTIVIDAD VULCANO-SÍSMICA Y PRÓXIMOS DESARROLLOS

Torres-Orozco Rafael¹, Córdoba-Montiel Francisco¹, Márquez-Ramírez Víctor², Capra Lucia³, Iglesias Arturo³, Welsh Rodríguez Carlos Manuel¹, Que-Salinas Silvano Ulises¹, Soto Molina Víctor Hugo¹, Díaz Félix Gabriela⁴, Nava Bringas María Esther⁵, Sieron Katrin⁶ y Moreno Rojas Martín⁶

¹Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana

²Instituto de Geociencias, UNAM

³Servicio Sismológico Nacional

⁴Facultad de Instrumentación Electrónica, Ciencias Atmosféricas, Universidad Veracruzana

⁵Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR), Geological Survey, Germany

⁶Villas Pico de Orizaba, La Perla, Veracruz

ratortres@uv.mx

El Pico de Orizaba (Citlaltépetl) es el estratovolcán más alto de Norteamérica (5650 msnm), un volcán activo y uno de los más peligrosos de México. Su última erupción confirmada ocurrió en los años 1500-1600 y su última erupción Plinianiana conocida sucedió hace <9000 años. Su actividad actual consiste en sismos vulcano-tectónicos (VTs) recurrentes y sismos de periodo largo, ambos registrados en los últimos 25 años de monitoreo; así como derrumbes y emisión de gases visible al interior del cráter. El Pico comprende un edificio volcánico muy alterado por acción hidrotermal, propenso a colapsar parcial y/o completamente y a experimentar deslizamientos y lahares estacionales, potenciados por el derretimiento glaciar acelerado y eventos meteorológicos extremos cada vez más recurrentes. Tanto la eventual reactivación volcánica del Pico, como la serie de fenómenos geofísicos y ambientales inter-eruptivos anuales, amenazan la vida de #500,000 personas que habitan a <30 km de distancia del cráter. Para monitorear el desarrollo de dichos peligros y contribuir al manejo integral del riesgo en la región, en este trabajo presentamos el estado actual de la nueva red de monitoreo geofísico y ambiental del Pico de Orizaba. Este sistema se desarrolla a partir de la red de monitoreo sísmico existente desde 1998 e incluye ocho estaciones instaladas en diferentes flancos del volcán (4-6 km del cráter), todas con sensores sísmicos y meteorológicos, dos de las cuales están instrumentadas con un sensor geodésico y tres videocámaras permanentes. El objetivo de esta red es transmitir en tiempo real y continuamente (24 h.), mediante una red de telemetría, la información recopilada por los sensores hacia el Observatorio Sismológico y Vulcanológico de Veracruz (OSV) en la ciudad de Xalapa, para monitorear sismos, actividad volcánica, deslizamientos, derrumbes, lahares, lluvia, tormentas, dinámica glaciar, incendios, entre otros. Actualmente se reciben datos de las tres estaciones principales, equipadas con sismómetros de banda ancha, localizadas en los flancos norte, sur y este. Durante los primeros meses de funcionamiento se registraron sismos tectónicos y VTs frecuentes que coincidieron con un periodo (diciembre 2023 – marzo 2024) de derrumbes constantes en la parte alta del cono (> 4200 msnm). Uno de estos VTs correlacionó en horario con la formación de fumarolas en marzo 2024, emanadas a intervalos de 15 minutos desde el cráter durante 1 hora, vistas desde el flanco norte (4000 msnm) a 4.5 km de distancia de la cima. Para finales del 2024 y durante el 2025, se prevé completar la instalación de dos estaciones

en los flancos oeste y noreste, habilitar la transmisión de datos de tres estaciones existentes en el flanco norte, y realizar la instalación de una estación de monitoreo sísmico, de gases y glaciar a 5000 msnm.

SE08-9 PLÁTICA INVITADA

LA ISOTERMA DE CERO GRADOS EN EL PICO DE ORIZABA

Welsh-Rodríguez Carlos Manuel, Soto Molina Víctor Hugo y Casarín Plugia Federico

Universidad Veracruzana

cwelsh@uv.mx

El calentamiento global tiene efectos no homogéneos y de impacto local diferenciado, por ejemplo en las zonas de montaña asociado a factores naturales como antrópicos que terminan convirtiéndose en retroalimentación positiva o negativa al fenómeno del calentamiento. Particularmente se desarrolló un trabajo de investigación para revisar el estado de la isoterma de cero grados en el Pico de Orizaba, con la intención de observar si las hipótesis de ascenso de la isoterma, variabilidad de altitud y/o cambio del ecosistema local tenía relación con los datos climatológicos y el cambio observado. Los resultados preliminares, con los pocos datos disponibles y con la propuesta metodológica de estudio fueron motivo de debate y necesitan considerar otras variables, como por ejemplo el efecto de la retroalimentación por los cambios en el ecosistema de la parte media y sobre todo por el efecto de cambio de tamaño del glaciar jamapa, que en ambos casos inciden de manera directa sobre los resultados. Se observa un cambio muy evidente en la zona de formación acercándose a la zona glaciar, y la velocidad de este ascenso como el calentamiento de la atmósfera deben ser estudiados, pero hay otra variable que ahora debe ser incluida el posible calentamiento del volcán en su interior, todo ello arroja una enorme oportunidad para la investigación, el trabajo conjunto y la cooperación científica.

SE08-10

INESTABILIDAD TÉRMICA TRAS LA RETRACCIÓN GLACIAR: UNA MIRADA A LA DINÁMICA PARAGLACIAR Y PERIGLACIAR EN EL PICO DE ORIZABA

Soto Víctor, Welsh Carlos, Córdoba Francisco y Torres Rafael

Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana

visoto@uv.mx

Entre los servicios ecosistémicos que ofrecen los glaciares de montaña está la acción reguladora del hielo en el microclima de las partes altas de las montañas que los albergan. Durante la existencia de cobertura glaciar, las partes cercanas a las cimas conservan un clima relativamente estable en cuanto a la temperatura; sin embargo, una vez que la cobertura de hielo se retrae, inicia una fase de gran inestabilidad térmica. La fluctuación de la temperatura en la zona cubierta por un glaciar es muy reducida, con una escasa o nula presencia de ciclos diarios de congelamiento y descongelamiento; en contraste, en las áreas recientemente abandonadas por el hielo diariamente se registran estos ciclos, caracterizados por una gran amplitud térmica. Esta situación impacta en la dinámica geomorfológica de las laderas de la montaña. La frecuencia e intensidad de los ciclos de congelamiento y descongelamiento diario es el principal factor que da origen a la gelifracción de las paredes de roca, ocasionando la acumulación de gelifractos al pie de las laderas que los originan, causando constantes flujos de escombros hacia las partes bajas de la montaña. En el Pico de Orizaba esta dinámica de laderas se ha incrementado en las últimas décadas, lo cual representa serios riesgos para los asentamientos de las faldas del volcán, más aún ante la presencia de lluvias torrenciales, principal detonante para la formación de lahares.

SE08-11

EDAD MÍNIMA DE DEPÓSITOS DE LAHAR EN LA BARRANCA JAMAPA, VOLCÁN PICO DE ORIZABA, MÉXICO

Carlón Allende Teodoro, Alacala Reygosa Jesús, Cisneros Máximo Guillermo, Sánchez

Núñez Juan Manuel, Macías José Luis, Saucedo Ricardo, Arce José Luis, Avellán

López Denis, Pineda Serrano Julio Cesar, Lara Jorge Iván y Fernández Salvador

CONACYT-Instituto de Geofísica Unidad Michoacán

carlon@igeofisica.unam.mx

Los lahares son fenómenos recurrentes en zonas volcánicas y tienen una alta capacidad de transformar el paisaje, así como causar pérdidas económicas y de vidas humanas. Los análisis proxy cómo los anillos de crecimiento de los árboles, líquenes, fechamientos de 14C y la correlación estratigráfica de los depósitos han sido de utilidad para comprender espacio-temporalmente eventos de lahares. Los resultados de estos estudios pueden además brindan información relevante que permite evaluar de manera integral el peligro volcánico. En esta investigación se realizó un estudio multidisciplinario para analizar los depósitos de lahar expuestos en la parte alta de la Barranca Jamapa, volcán Pico de Orizaba entre las elevaciones 3780 y 3950 m s.n.m. así como en las laderas contiguas. Con este fin, se realizó un vuelo de dron para generar un ortomosaico y curvas de nivel a cada 5 cm para generar un modelo digital de elevación para realizar un mapa geológico y geomorfológico. También, se realizó la descripción de columnas estratigráficas, de análisis granulométricos y de componentes, así como

un muestreo dendrocronológico de 127 núcleos de crecimiento de árboles (*Pinus hartwegii*) y de líquenes (*Rhizocarpon geographicum*). Se generó una cronología de ancho de anillo que comprende del periodo de 1740 a 2022 (282 años), en la cual se observan dos eventos de supresión relevantes (1822-1823 y 2015) y eventos de realce de crecimiento en 1797, 1903, 1970 y 2017. Por su parte, la edad de los líquenes comprende 304 años y cubre un periodo de 1716 a 2020. Se identificaron tres terrazas antiguas construidas por depósitos de flujos de escombros que tienen una composición muy similar. Consisten de clastos del tamaño de bloques a gravas soportados por una matriz de arena gruesa a fina. La cima de estas terrazas son semiplanas con presencia de *Pinus hartwegii* y *Rhizocarpon geographicum* lo que permitió estimar la edad de las terrazas en 282, 110 y 77 años. Estas edades representan edades mínimas de la ocurrencia de los eventos de lahar seguramente desencadenados por lluvias extremas. Los lahares erosionaron las partes altas de la barranca (>3850 m s.n.m) a través de lavas de composición dacítica del cuaternario. A partir de 3950 m de altura después de un salto topográfico comenzaron a depositar sobre una lava de dacitas y un depósito de avalancha de escombros, este último aflora ocasionalmente aguas abajo. A 3850 m de elevación erosionaron depósitos piroclásticos y volcánoclasticos antiguos del volcán. Dentro de la barranca existen terrazas internas discontinuas asociadas a eventos menores sin presencia de árboles debido a que se encuentra activa. Nuestros estudios indican que durante los últimos 282 años han ocurrido por lo menos tres lahares que han dejado un registro estratigráfico definido en la barranca.

SE08-12

LAHARES DESENCADENADOS POR LLUVIAS EN EL VOLCÁN CITLALTÉPETL: EVALUACIÓN DE UN ESCENARIO DE CICLÓN TROPICAL

Monfil León Edwin Ulises¹, Sieron Katrin², Alatorre Ibarquengoitia
Miguel Ángel³ y Caballero García Ana María Lizeth⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana

³Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático, UNICACH

⁴Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM

edwinulm27@gmail.com

Los volcanes ubicados en zonas tropicales están expuestos a las fuertes lluvias que se asocian al paso de los ciclones tropicales. Estas lluvias tienen el potencial de desencadenar lahares. El Citlaltépetl es un estratovolcán activo en estado de reposo que se localiza a 120 km de la costa del Golfo de México y ha sido afectado por ciclones tropicales que se originaron en aguas del Atlántico. En agosto del año 2012, se generó un lahar (flanco NNE del Citlaltépetl) asociado a las lluvias durante el paso del huracán "Ernesto" (categoría 1). La caracterización de este lahar, el cual se propone como un escenario de peligro, se realizó mediante 1) recorridos en campo para determinar su alcance, volumen y tipo de lahar, 2) la construcción de un modelo de lluvia-escorrentía para estimar los caudales máximos y 3) la simulación del lahar. Los resultados sugieren que el lahar se originó entre los 4,200 y 4,600 m s.n.m (zona de acumulación de material inestable) e inició como un flujo de escombros y terminó como un flujo hiperconcentrado. Este lahar viajó 25 km a través de la barranca del río Jamapa con profundidades máximas de 2 m. A 15 km desde la fuente, el lahar ya disminuido en concentración de sedimentos afectó la infraestructura carretera de algunos poblados del municipio de Calchahuaco, Veracruz. Las observaciones en campo permiten concluir que aún existe material susceptible a remoción en el flanco NNE del volcán que podría ser la fuente de sedimentos de futuros lahares. Ciclones tropicales que generen lluvias más intensas podrían causar caudales máximos mayores a los estimados para el huracán Ernesto, lo que implica un aumento del potencial destructivo que se debe considerar para la evaluación del riesgo volcánico del Citlaltépetl.

Sesión especial

LAS ROCAS A TRAVÉS DE IMÁGENES: CONOCIENDO SU MICROESTRUCTURA

Organizadores

Sandra Vega

Marina Vega

Hugo Sereno

SE09-1

RECONSTRUCCIÓN DE MICROFACIES SEDIMENTARIAS Y PROCESOS DIAGENÉTICOS CON BASE EN EL ANÁLISIS MICROTEXTURAL DE CALIZAS DEL JURÁSICO

Rivera Calderón Elizabeth¹ y Flores de Dios González Luis Antonio²¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM²Universidad Autónoma de Guerrero

ecalderonzr@gmail.com

La determinación de los procesos diagenéticos en rocas sedimentarias y el posicionamiento evolutivo de las facies son un factor crucial para el análisis de los campos de hidrocarburos. En esta investigación se analizaron microtextualmente 64 láminas delgadas de calizas del Jurásico, pertenecientes a la zona marina de Campeche que incluye un estudio petrográfico y paleontológico. Las microtexturas y la micropaleontología encontradas en cada depósito, permitieron establecer una sucesión de procesos deposicionales y una correlación bioestratigráfica. El área de estudio se localiza sobre la Plataforma Continental del Golfo de México, hacia la porción occidental de la Península de Yucatán. Se considera desarrollada bajo las mismas condiciones tectónico-sedimentarias observadas en la Cuenca Chiapas-Tabasco y dentro del marco del modelo de apertura del Golfo de México. Geológicamente el campo está formado por una estructura anticlinal con orientación NW-SE, originado por los diferentes eventos tectónicos que ocurrieron desde la apertura del Golfo de México durante el Calloviano hasta el evento Chiapaneco en el Mioceno Inferior-Medio que determinó su geometría actual. En los resultados obtenidos se identificaron los pisos que corresponden al Tithoniano Superior, el Tithoniano Medio, el Tithoniano Inferior y el Kimmeridgiano Superior. Con base en la información analizada, se observó que los bioeventos del Tithoniano Superior están caracterizados por la presencia de fósiles como la *Crassicollaria massutiniana*, *Calpionella alpina* en una textura de mudstone de color gris claro con calpionélidos y huellas de pirita diseminada. Interpretándose un ambiente de depósito posible de rampa.

SE09-2

CARACTERIZACIÓN DE NÚCLEOS DE ROCA RECUPERADOS DE POZOS SOMEROS, MEDIANTE LAS TÉCNICAS: SEM, DRX Y XRF, CON FINES DE PROSPECCIÓN GEOTÉRMICA DE BAJA ENTALPÍA

Gómez Ávila Marianggy¹, Rodríguez González Claudia Alejandra¹, Gómez Arias Efraín², Hernández Paz Juan Francisco¹ y Reyes Blas Hortensia¹¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez²CONACYT-Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California marianggy.gomez@uacj.mx

La Geotermia es una energía renovable y prácticamente inagotable, pues aprovecha el calor interno de la Tierra, además, tiene un impacto ambiental mínimo si es comparada con las energías no renovables, en este estudio se caracterizaron muestras tomadas de núcleos rocas ígneas volcánicas como un posible material cerámico que permita la conducción eficiente del calor y a partir de los cuales se proponga alguna aplicación o uso directo del recurso geotérmico, como por ejemplo en: procesos industriales, deshidratación de alimentos, climatización de viviendas, balneología, entre otros. Para realizar la caracterización de estos materiales cerámicos se perforaron 05 pozos someros (profundidades estimadas entre 45 a 60 metros de profundidad) en el Complejo Volcánico Las Tres Vírgenes, Baja California Sur, México, en los cuales se recuperaron diferentes muestras de núcleos de rocas volcánicas como: pómez, toba de cenizas, riolitas, basaltos, andesitas basálticas; dichos núcleos fueron segmentados utilizando una cortadora de rocas con punta de diamante, se realizó la pulitura espejo y se secaron en un horno especial para rocas a temperaturas de 100-120° C por un tiempo aproximado de 24 horas con el propósito retirar el exceso de fluidos de lubricación; así mismo un segmento de estos núcleos se pulverizó y posteriormente se emplearon las técnicas de caracterización de materiales como lo son: la Fluorescencia de Rayos X (XRF) y la difracción de

rayos X (DRX); para la Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) se emplearon los núcleos previamente cortados, pulidos y secados. Los resultados muestran diferencias en la composición química de los óxidos mayores que componen las rocas ígneas volcánicas y diferencias en las fases minerales presentes en función de la profundidad a la cual fueron tomadas las muestras; en cuanto a la morfología es por lo general dominada por una topografía plana que corresponde matriz de grano fino, sobre la cual se encuentran cristales de mayor tamaño con morfologías alargadas y planas, además de observarse notablemente espacios porosos en algunas de las muestras.

SE09-3

MAPAS DE RAYOS X COMO TÉCNICA CUANTITATIVA PARA EL ESTUDIO Y/O CARACTERIZACIÓN DE MICROESTRUCTURAS

Salazar Hermenegildo Noemi Jasmin y Sosa Ceballos Giovanni

Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM

ayolotl@gmail.com

La microsonda electrónica del Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM es un instrumento empleado para la cuantificación elemental en soluciones sólidas ya sean naturales o sintéticas. La cuantificación elemental empleando la microsonda electrónica es relativa a un estándar, cuantitativamente las mediciones están sujetas a errores propios de la técnica que pueden limitar la precisión de dichas medidas. Una de las capacidades de este instrumento es la obtención de mapas composicionales a escalas micrométricas mediante Wavelength Dispersive Spectrometer (WDS) que pueden emplearse como técnica cuantitativa en la caracterización y/o estudio de microestructuras, en este trabajo se presenta la técnica de mapas cuantitativos y las técnicas para la adquisición de resultados con mayor precisión.

SE09-4

EXPLORANDO LA MICROESTRUCTURA DE LAS ROCAS A PARTIR DE IMÁGENES 3D DE ALTA RESOLUCIÓN

Arteaga Dante¹, Vega Sandra¹ y Olmos Olmos Luis²¹Instituto de Geociencias, UNAM²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

darteaga@geociencias.unam.mx

El estudio de la microestructura de las rocas presentó una mejora considerable con la llegada de técnicas que permiten la visualización tridimensional de estas estructuras internas. En particular, la microtomografía de rayos X (Micro-CT) es una técnica que permite visualizar y cuantificar la estructura interna de las rocas a altas resoluciones ~[0.5, 50] micras/voxel. En este trabajo se presenta un compendio de metodologías utilizadas para el procesamiento de imágenes de Micro-CT, haciendo énfasis en la segmentación, caracterización del medio poroso y mineral, y estimación de propiedades petrofísicas. La segmentación de las imágenes se ha llevado a cabo utilizando el software Avizo para diferenciar fases minerales y porosidad con alta precisión. Los análisis morfológicos se han centrado en la cuantificación de la forma, tamaño y distribución de los poros y granos minerales, proporcionando una base sólida para una mejor comprensión de la conectividad y permeabilidad del medio poroso. Además, hemos utilizado técnicas de análisis multiscale para realizar estudios completos de las microestructuras. En conclusión, podemos decir que en nuestra experiencia, explorando la microestructura de las rocas utilizando imágenes de Micro-CT, hemos aprendido a visualizar las rocas por dentro en 3D, y a caracterizarlas de forma cualitativa y cuantitativa a niveles microscópicos. Finalmente, hemos podido comprobar que se pueden realizar experimentos digitales sin alterar la muestra original.

SE09-5

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y MODO DE FALLA DE ROCAS VOLCÁNICAS MEDIANTE PRUEBAS TRIAXIALES Y LA RECONSTRUCCIÓN DE IMÁGENES TOMOGRÁFICAS

Pola Antonio y Sereno Hugo
Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM
antonio.polavilla@gmail.com

El estudio de las propiedades de las rocas es complejo, debido básicamente a su carácter heterogéneo y anisótropo. La distribución de los esfuerzos en una roca que es sometida a carga corresponde a la presencia de poros, grietas, fragmentos de pómez y fragmentos líticos con forma, tamaño, distribución y orientación muy variada. Investigaciones recientes muestran que el contenido de poros ejerce una influencia de primer orden en la resistencia y la deformación máxima de las rocas volcánicas, parámetros como la distribución del espacio vacío (e.g., poros, grietas), el tamaño y la forma de los poros y los cristales, y la alteración, además de la presencia de agua, la velocidad de carga, la deformación y la temperatura también influyen. Particularmente, las rocas volcánicas granulares y porosas (40< %), sometidas a un esfuerzo, muestran una deformación dúctil, forman bandas de compactación, producto de la destrucción de su sistema poroso. Por el contrario, rocas volcánicas poco porosas (10>%), con alguna orientación preferencial de sus elementos, podría mostrar diferente comportamiento mecánico y tipo de falla, las cuales incluyen fractura por cizallamiento y desarrollo de zonas de cizalla frágil hasta una escala centimétrica. En este sentido, con el fin de comprender mejor este comportamiento, los autores muestran los resultados de la orientación directa de los valores de la resistencia máxima, la deformación, así como el modo de falla con las características micro-texturales mediante una serie de pruebas triaxiales y análisis de imágenes tomográficas pre y post-falla.

SE09-6

ESCALAMIENTO DE LA POROSIDAD DE ANDESITAS EN 2D Y 3D MEDIANTE IMÁGENES DE MICROTOMOGRAFÍA DE RAYOS X

Linares Pérez Juan Eduardo, Vega Sandra, Carrasco Gerardo y Manea Vlad
Universidad Nacional Autónoma de México
eduardo_linares@comunidad.unam.mx

El espacio poroso de la mayoría de las andesitas se caracteriza por ser heterogéneo. Como consecuencia se encuentra que su porosidad varía con el tamaño de la muestra de roca. Lo cual afecta la estimación de la porosidad a tamaños de interés. Sin embargo, muy pocos trabajos han estudiado la dependencia de la porosidad con la escala en andesitas. En el presente trabajo, realizamos un análisis detallado de la variación de la porosidad con la escala en cinco diferentes muestras cilíndricas de andesitas (de 1 pulgada de diámetro por 3 a 5 cm de altura) utilizando imágenes segmentadas de microtomografía de rayos X a tres diferentes escalas y resoluciones (28, 15 y 5 micras/vóxel). Las imágenes segmentadas son imágenes binarias que separan la fase porosa (negro) de la fase sólida (blanco) de la submuestra digital, lo que facilita la estimación de la porosidad en función de la escala. Se muestran casos de estudio en 2D y 3D para estudiar el efecto de la dimensión, donde en el caso 2D, la porosidad se calculó directamente en slices bidimensionales, mientras que en el caso 3D, la porosidad se calculó en submuestras digitales cúbicas. Los resultados revelan diversos patrones en las fluctuaciones de la porosidad versus la escala. Para entender mejor este fenómeno se dedujeron dos ecuaciones analíticas que describen la envolvente de la dependencia de la porosidad con la escala. La solución general obtenida muestra que conforme aumenta el tamaño de la muestra, la fluctuación de la porosidad tiende a la porosidad de la muestra medida más grande. Estas ecuaciones permiten estimar rangos de porosidad a escalas donde la estructura porosa es similar a la de la muestra estudiada. Concluimos que la variación de la porosidad en el caso de estudio 2D es más amplia que la obtenida en el caso 3D, para todas las muestras obtenidas a diferentes tamaños y resoluciones.

SE09-7

ANÁLISIS MORFOLÓGICO DE PÓMEZ CON BASE EN MICROTOMOGRAFÍA DE RAYOS X PARA LA ASIGNACIÓN DEL GRADO DE SOLDAMIENTO DE LA IGNIMBRITA ESCALERA, SIERRA MIL CUMBRES (MICHOCÁN)

Castro Colín Amador¹, Pola Villaseñor Antonio¹,
Olmos Olmos Luis² y Sereno Villaseñor Hugo Iván¹
¹ENES UNAM Morelia
²INICIT, UMSNH
acc.ingeniero@gmail.com

El soldamiento de un depósito de ignimbrita se resume en tres procesos principales: 1) sinterización del vidrio, 2) compactación y 3) aplanamiento de fragmentos de pómez; la efectividad depende de factores como la viscosidad del magma, cantidad de volátiles disueltos en el magma, carga litostática (espesor), temperatura de emplazamiento, temperatura de transición del vidrio (T_g) y velocidad de enfriamiento. Identificar el grado de soldamiento de una ignimbrita ayuda a relacionar espacial y temporalmente las litofacies en una secuencia (formación

de caldera volcánica). Diversos autores han propuesto escalas para evaluar el grado de soldamiento en función de sus características texturales (aplanamiento de pómez [OB], varianza circular alrededor de la orientación media de los clastos [Vc]), propiedades físicas (porosidad [Phi], densidad [Rho]) y resistencia mecánica (resistencia máxima a compresión uniaxial [σ_{máx}]). En particular, el estudio textural en dos dimensiones tiene la desventaja de que la medición de elementos se hace en superficies que los cortan de manera aleatoria, no reflejando fielmente la geometría y orientación de éstos. Este trabajo propone un análisis morfológico de las pómez utilizando imágenes 3D obtenidas por microtomografía de rayos X, y examina su utilidad para asignar el grado de soldamiento. Con base en el uso del software Avizo, se determinaron valores de aplanamiento y varianza angular de la orientación de los ejes principales de las pómez en un volumen de roca (~16x16x24 mm³ y resolución: 1 voxel ~ 31 μm) de tres muestras (Es0201 [cima], Es0203 [medio] y Es0205 [base]) de la sección estratigráfica compuesta del depósito de la Ignimbrita Escalera. El volumen es filtrado para reducir el ruido y clasificar los fragmentos de pómez, analizando todos aquellos mayores a 1 mm³. Los resultados preliminares sugieren que el aplanamiento en pómez, la densidad y la resistencia máxima tienden a aumentar con la profundidad, mientras que la varianza angular y la porosidad disminuyen. Estos hallazgos indican que la técnica empleada podría ser una alternativa para evaluar el grado de soldamiento en ignimbritas. No obstante, dado que el procedimiento de filtrado y análisis aún está en proceso de refinamiento, podrían ser necesarias mediciones adicionales para confirmar o refutar la validez de estos resultados, así como la utilidad de la técnica.

SE09-8

DISPERSIÓN DE VELOCIDAD DE ONDA ACÚSTICA EN UNA UNIDAD DE IGNIMBRITA POROSA: CARACTERIZACIÓN MULTIESCALA Y MODELADO NUMÉRICO

Sereno Villaseñor Hugo Iván¹, Pola Antonio², Rivera Calderón Elizabeth², Castro Colín Amador² y Pérez Juan Daniel²
¹Universidad Nacional Autónoma de México
²ENES UNAM Morelia
hugoivansereno@gmail.com

El estudio de las ondas acústicas es esencial para investigar las propiedades físicas, elásticas y mecánicas en especímenes de roca. Un aspecto clave es caracterizar la arquitectura del sistema poroso y los componentes de las rocas. La geometría y distribución de los poros y componentes influyen significativamente en la transmisión de ondas. Además, la frecuencia de las ondas acústicas estudiadas también afecta la propagación de las ondas. La dispersión de velocidad de onda, que describe cómo varían las ondas acústicas con la frecuencia, es crucial para entender mejor estas propiedades a distintas escalas. En este estudio, se caracterizó una unidad de ignimbrita porosa de Cuitzeo, Michoacán. Los experimentos de laboratorio se realizaron bajo estándares internacionales, incluyendo la obtención de densidad real por intrusión de helio, densidad aparente, porosidad total y efectiva, y distribución del tamaño de poro por intrusión de mercurio. Adicionalmente, se utilizó un microtomógrafo Xradia Versa 510 para la caracterización del sistema poroso de las rocas, obteniendo imágenes detalladas de la estructura interna con una resolución de 30 μm por voxel. Para la medición de ondas acústicas, se utilizó un transductor GDS AV de 1 MHz montado en una prensa de carga GDS 250kN, así como el equipo Punditlab para mediciones a 54 kHz, 150 kHz y 250 kHz. Para el procesamiento, se implementó un código en Python utilizando la librería Obspy. La metodología también incluyó el modelado de las rocas a través de SPECFEM 2D, un software que permite la simulación de la propagación de ondas sísmicas en medios heterogéneos. SPECFEM 2D se utilizó para verificar el comportamiento de las ondas acústicas a diferentes frecuencias (kHz-MHz), proporcionando una comprensión detallada de la interacción de las ondas con la estructura porosa. El código simula con precisión las ondas medidas experimentalmente y permite extrapolar las frecuencias para corroborar el comportamiento a otras frecuencias necesarias para verificar modelos hechos con sismica convencional (escala Hz). Los resultados indican una estrecha relación entre las propiedades acústicas y físicas de las rocas. Se encontró un tipo de distribución de poro y se determinó que otras características, como la relación de aspecto de los poros y pómez, gobiernan el comportamiento acústico de las rocas estudiadas. Las velocidades de la roca fueron modeladas con SPECFEM 2D, mostrando un aumento de la velocidad con la frecuencia que no es lineal. El análisis detallado de las propiedades físicas y mecánicas de las ignimbritas, junto con la evaluación de la velocidad de ondas acústicas a diferentes frecuencias, permite comprender mejor la estructura interna y las características del sistema poroso de estas rocas. Este estudio aporta información valiosa para aplicaciones en exploración geofísica y caracterización de materiales rocosos. En conclusión, la investigación revela cómo la variabilidad en la porosidad y la distribución de componentes líticos afecta la velocidad de onda acústica, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones en física de rocas y exploración geofísica, y sugiriendo nuevas direcciones para profundizar en la relación entre la porosidad y el comportamiento acústico en diferentes contextos geológicos.

SE09-9

RESISTENCIA A TENSIÓN Y SU RELACIÓN CON PROPIEDADES FÍSICAS EN ROCAS VOLCÁNICAS GRANULARES: ANÁLISIS DE IMÁGENES 2D Y USO DE ALGORITMOS DE APRENDIZAJE DE MÁQUINA

Campos Granados Angélica Sarai, Pola Antonio y Sereno Villaseñor Hugo Iván
Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM
 saraiuwucampos@gmail.com

Las rocas volcánicas presentan ciertas características físicas que dependen de su génesis y de las condiciones de esfuerzo que han sufrido, lo que las hace anisotrópicas y heterogéneas. La anisotropía se ve reflejada en características físicas como la porosidad (Φ) y la textura, mismas que controlan la forma y frecuencia en que la fractura aparece. Por lo tanto, analizar su correlación es fundamental para el estudio de cualquier fenómeno geológico (p. ej. colapso de taludes, estabilidad de túneles, restauración de monumentos históricos y vulcanismo). En este trabajo, estudiamos las propiedades mecánicas (esfuerzo $[\sigma]$, deformación $[\epsilon]$, resistencia máxima $[\sigma_{max}]$) de ignimbritas del Complejo Caldera de Aguajito, Baja California, sometiénolas a un campo de esfuerzos tensionales con base en ensayos de tracción indirecta. Además, se realiza una caracterización física (densidad real $[\rho_r]$ y aparente $[\rho_a]$, Porosidad total $[\Phi_t]$ y porosidad efectiva $[\Phi_e]$) donde se incluye la caracterización textural basada en análisis de imágenes, tomando en cuenta el tamaño de líticas y poros (diámetro de Feret) y la simetría que guardan los elementos (Relación de Aspecto $[AR]$). Con base en los datos obtenidos, se implementa el método de la Matriz Pseudoinversa mediante código Python para obtener las pendientes del ajuste lineal de características mecánicas y texturales de las rocas estudiadas. Finalmente, se utiliza aprendizaje automático no supervisado K-Means para el agrupamiento de las rocas, revelando una dependencia entre el comportamiento a tracción con sus características físicas y texturales, específicamente en tamaño de sus líticas y la porosidad. También se presenta la relación entre propiedades físicas como densidad real (ρ_r) y porosidad abierta (Φ_e) con el comportamiento mecánico a tracción de las ignimbritas. Por último, se confirma que el ajuste lineal de la matriz pseudoinversa es un buen método para describir el comportamiento mecánico y textural de las rocas, ayudando no solo a su agrupamiento (clustering) sino a comprender de mejor manera el comportamiento mecánico de rocas volcánicas granulares.

SE09-10

APLICACIÓN DE MACHINE LEARNING PARA OBTENER RÉPLICAS DE ROCAS A PARTIR DE IMÁGENES DE MICROTOMOGRFÍA DE RAYOS X

Valenzuela Elias, Vega Sandra y Linares Eduardo
Universidad Nacional Autónoma de México
 vae117geo@gmail.com

La microtomografía de rayos X permite visualizar y obtener propiedades físicas de las rocas mediante la interacción de rayos X con la muestra. El procesamiento de las imágenes obtenidas con esta técnica involucra filtrado para eliminar ruido y segmentación para diferenciar la fase porosa de la sólida. Por otra parte, la inteligencia artificial (IA) ha revolucionado diversos campos de la ciencia, incluido el análisis de rocas. Este trabajo utiliza machine learning para replicar secciones de imágenes de microtomografía de rocas, diferenciando el espacio poroso del sólido cuantificando la porosidad. Se exploran tres modelos: Red Neuronal Convolutiva con Autoencoder, Autómata Celular Neuronal (NCA) y Red Atractora. El Autoencoder utiliza capas convolucionales para aprender y reconstruir imágenes, evaluando su capacidad para preservar detalles porosos. La NCA entrena la replicación de patrones espaciales, evaluando su precisión en la estructura porosa. La Red Atractora diseñada para estabilizar patrones representativos en las imágenes, se entrena para reproducir fielmente la morfología de la muestra. Nuestros resultados indican que la Red Atractora se destaca como el mejor modelo, reproduciendo con precisión la textura y los valores binarios de los píxeles, lo que es crucial para la replicación del espacio poroso. El Autoencoder aunque es eficaz en la compresión y reconstrucción de imágenes, mostró limitaciones en mantener la naturaleza binaria de unos y ceros en los píxeles en algunos casos. La NCA a pesar de replicar bien la textura y patrones generales, fue menos efectivo en la replicación precisa de los valores en cada pixel. En Conclusión, la Red Atractora es la más adecuada para la replicación de imágenes de muestras de roca, seguida por el Autoencoder, que es útil, pero con limitaciones. El NCA es menos efectivo en la replicación precisa de valores binarios, aunque útil para texturas. Esta evaluación resalta la importancia de la Red Atractora en estudios que requieren alta fidelidad en la reproducción de la estructura porosa.

Sesión especial

EN HONOR AL DR. LUIS MANUEL ALVA VALDIVIA Y SU LEGADO AL PALEOMAGNETISMO, LA GEOFÍSICA, LAS CIENCIAS DE LA TIERRA Y MÁS ALLÁ

Organizadores

Alejandro Rodríguez Trejo
Harald Böhnelt
Luis Alonso Velderrain Rojas
Bernardo Ignacio García Amador

SE10-1

TIEMPOS VIEJOS Y RECIENTES: ENCUENTROS CON LUIS ALVA VALDIVIA

Böhnelt Harald
Centro de Geociencias, UNAM
hboehnelt@geociencias.unam.mx

Conocí a Luis Alva en 1985, cuando llegué al laboratorio de paleomagnetismo del IGf. Luis era estudiante de maestría/doctorado, lo asesoré en su proyecto de tesis y participé como sinodal en su examen de doctorado en 1991. Ambos participamos en estos años en un curso impartido por el Dr. Negendank para analizar con el microscopio los óxidos de hierro, algo que Luis persiguió por el resto de su vida. Colaboramos en algunas publicaciones, pero al trasladarme en 1997 a Juriquilla se perdió nuestra colaboración. Solo se retomó en 2023, cuando Luis nos visitó con sus estudiantes para impulsar colaboraciones nuevas. De esta visita surgió un proyecto PAPIIT, en el cual Luis apenas pudo participar en la fase de propuesta. Sin embargo, le echó muchas ganas, a pesar de su estado de salud ya bastante degradado, con un ánimo siempre muy positivo. Este proyecto es innovador, ya que pretende combinar el registro paleomagnético en rocas volcánicas y en estalagmitas. La participación en el proyecto de Luis y su grupo iba ser importante, y hoy tenemos que sustituirlo, un problema académico, pero más que esto, uno social y de amistad. Aquí presentamos los primeros avances de este proyecto, y seguramente Luis hubiera podido participar en esto, aportando a estos. Como parte de su legado, lo han hecho varios de sus colaboradores/estudiantes.

SE10-2

DR. LUIS MANUEL ALVA VALDIVIA: LA HUELLA DEL PALEOMAGNETISMO MÁS ALLÁ DE MÉXICO - UNA SÍNTESIS DE SUS TRABAJOS REALIZADOS EN LATINOAMÉRICA

García Amador Bernardo Ignacio¹, Caballero Miranda Cecilia Irene²,
Hernández Cardona Arnaldo³ y González Rangel José Antonio²

¹Universidad Nacional Autónoma de México
²Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM
³Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM
bernardoiga@gmail.com

El Dr. Luis Manuel Alva Valdivia (1954–2024) fue un geocientífico entregado al quehacer de las múltiples caras del paleomagnetismo: exploración geofísica, anisotropía magnética, magnetismo de rocas, variaciones del campo geomagnético, espectroscopia de óxidos de Fe-Ti, etc. A lo largo de su carrera científica impulsó a sus estudiantes y colegas a desarrollar proyectos de paleomagnetismo en Latinoamérica, desde trabajos de magnetismo de rocas y exploración geofísica en los Andes chilenos, o las minas de hierro al sureste de Brasil, hasta estudios (concluidos y pendientes) de paleomagnetismo, magnetismo de rocas, y arqueomagnetismo en regiones de Brasil, Cuba, Nicaragua, Guatemala, entre otros. En este trabajo se presenta, a modo de homenaje, una síntesis de los diversos estudios realizados en Latinoamérica por el Dr. Luis Manuel Alva Valdivia, haciendo énfasis en los últimos proyectos realizados y en proceso, tanto de Nicaragua como de Cuba. Las investigaciones que realizó el Dr. Luis Alva a lo largo de su vida científica son una huella del paleomagnetismo en Latinoamérica y un legado que dejó en sus estudiantes y todos aquellos que colaboraron y compartieron buenos tiempos con él.

SE10-3

SEMBLANZA EN HONOR AL DR. LUIS MANUEL ALVA VALDIVIA, MAESTRO, CIENTÍFICO, MENTOR Y AMIGO, UNA AVENTURA PALEOMAGNÉTICA: ARQUEOINTENSIDAD Y PROPIEDADES MAGNÉTICAS DE CERÁMICA MAYA DE LA REGIÓN DE CHICHÉN-ITZÁ

Rodríguez Trejo Alejandro¹ y Alva Valdivia Luis Manuel^{†2}

¹Laboratorio de Paleomagnetismo y Magnetismo de Rocas, Instituto de Geociencias, UNAM
²Instituto de Geofísica, UNAM
alexrt@geociencias.unam.mx

Es un honor rendir homenaje al Dr. Luis Manuel Alva Valdivia, quien, aunque nos dejó físicamente este año, dejó una huella imborrable en la vida de muchos de nosotros: sus estudiantes, amigos, colaboradores y colegas. Cariñosamente conocido como "el Doc", nos acogió siempre con un ánimo inquebrantable y una voluntad férrea. Su legado es algo que muchos de nosotros aspiramos a continuar; unos zapatos demasiado grandes para llenar. En esta sesión, te honramos como el gran ser humano, amigo, mentor, siempre presente en nuestros corazones, en nuestras colaboraciones y en cada uno de los trabajos que realicemos en adelante. Dejas un legado inmenso en el paleomagnetismo mundial, en la geofísica y en las ciencias de la Tierra. Doc, te recordamos como el gran científico, amigo, mentor y, sobre todo, el gran ser humano que fuiste para todos aquellos que tuvimos la fortuna de caminar a tu lado en este viaje llamado ciencia. Te agradecemos infinitamente, y sabemos que, algún día, volveremos a encontrarnos. Se presentan resultados de arqueointensidad y de propiedades magnéticas de 24 fragmentos cerámicos provenientes de 4 sitios arqueológicos de la zona Maya, Chichén Itzá, Flor de Mayo, San Pedro Cholul en la región norte del estado de Yucatán, México, y del sitio de Busiljá-Chocoljá, en el extremo oriental del estado de Chiapas, México. Las muestras abarcan diferentes periodos de ocupación en la zona Maya desde el Preclásico medio, Clásico e inicios del Posclásico. En los experimentos de propiedades magnéticas, se observó una presencia predominante de Titanomagnetita con diferentes contenidos de Ti, cómo el principal mineral portador de la magnetización. Se observan fases magnéticas con temperaturas de Curie que varían desde los 150° C y hasta cerca de los 520° C en los experimentos de K-T. En los experimentos de histéresis e IRM, se observan valores de saturación magnética de entre los 150 mT y 300 mT y valores de coercitividad de 4.2 < Hc < 9.6 mT. y valores de squareness ratio entre 0.104 < Mrs/Ms < 0.26, con un comportamiento similar al de un PSD en la mayoría de los casos. Se obtuvieron un total de 11 resultados de arqueointensidad a nivel especimen, con valores que van de los 34.5 ± 1.7 μT a los 68 ± 3.1 μT, y de momento dipolar virtual axial (VADM) que va de los 8.35 ZAm2 a los 14.05 ZAm2. Los resultados obtenidos son consistentes con los valores esperados en la región en el período de tiempo de los materiales, de acuerdo con el modelo de variación paleo secular propuesto para México.

SE10-4

RESULTADOS PRELIMINARES DE ARQUEOINTENSIDAD DEL SITIO DE TANCAMA, QUERÉTARO

Díaz Espinosa Kenya y Hernández Cardona Arnaldo
Universidad Nacional Autónoma de México
kenyathropus@gmail.com

En este trabajo se muestran los resultados preliminares del análisis de arqueointensidad en materiales cerámicos y bajareques del sitio arqueológico Tancama, localizado en la Sierra Gorda de Querétaro. Para el análisis de arqueointensidades es imprescindible la corrección por anisotropía para un mejor control de calidad en los resultados. Sin embargo, no se ha explorado el efecto de las variaciones en el tensor de anisotropía en especímenes asociados a una

misma pieza arqueológica cortados y seleccionados ortogonalmente entre sí. A partir de lo antes mencionado, se busca correlacionar las componentes del tensor de anisotropía de la termoremanencia con las determinaciones de arqueointensidad, debido a que la construcción tensorial permite identificar con mayor precisión el cálculo de la intensidad del campo geomagnético, considerando la remanencia magnética natural de los materiales arqueológicos y la preparación de estos. Estos resultados preliminares nos llevan a concluir que, con una preparación más detallada de los especímenes, es posible mejorar las determinaciones de arqueointensidad en cerámicas y barajeados y, por lo tanto, producir dataciones de arqueointensidad con una mayor aproximación a la temporalidad real.

SE10-5

MINERALOGÍA MAGNÉTICA DE OBSIDIANAS A PARTIR DE PARÁMETROS DE COERCITIVIDAD Y CURVAS TERMOMAGNÉTICAS

Manuel German Alexis¹, Hernández Cardona Arnaldo¹ y Alva Valdivia Luis Manuel²¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM²Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM
gamavive26@gmail.com

En este estudio se reporta una primera descripción y comparación del contenido de minerales magnéticos dentro de 14 muestras de mano de obsidiana representativas procedentes de 4 localidades (Puebla, Hidalgo, Estado de México y Michoacán) a lo largo de la Faja Volcánica Transmexicana. A partir de la medición de ciclos de histéresis, curvas de magnetización remanente isoterma (IRM) y curvas inversas de primer orden (FORC) se determina la variedad de minerales magnéticos asociados a distintos valores de coercitividad (H_c). Además, se describe la variación de estados de dominio magnético que imperan en cada muestra y que también sugieren variaciones e interacciones de la mineralogía magnética. Como complemento, se determinaron las temperaturas de Curie, transición de Verwey, etc., a través de la medición de curvas de susceptibilidad en función de la temperatura (i.e. curvas termomagnéticas), desde -192°C hasta 700°C. En la mayoría de las muestras, los valores de coercitividad obtenidos a partir del ciclo de histéresis e IRM varían de 5 a 35 mT. En las componentes calculadas por medio del proceso de Unmix, se obtuvieron dos componentes donde la magnetita es predominante, resultados que se complementan con las temperaturas de Curie (ca. 580°C) obtenidas para cada muestra. En un 70% de las muestras, los diagramas FORC presentaron un amplio espectro en el eje de las abscisas, indicando valores de coercitividad, entre 5 a 65 mT, mismos que están asociados a una mezcla de minerales "más coercitivos" como la maghemita o aquellos de la serie de las hemoilmenitas. Por último, los parámetros de coercitividad nos permitieron observar una variación de dominios magnéticos que van desde dominio sencillo con interacciones magnetotácticas, hasta vórtex sencillo. La mineralogía magnética predominante en las obsidias resulta ser titanomagnetita con una ligera variación de Titanio. No obstante, en algunos casos se encontró a la titanomagnetita conviviendo con maghemita y/o hemoilmenitas en muestras que probablemente estén asociadas a algún proceso volcánico intra-flujo singular.

SE10-6

CLASIFICACIÓN DE MATERIALES ARQUEOLÓGICOS PARA SU DETERMINACIÓN POR ARQUEOINTENSIDAD USANDO ANÁLISIS DE GRUPOS MULTIVARIADOS

Hernández Cardona Arnaldo¹, García Amador Bernardo Ignacio² y Manuel Viveros German³¹Universidad Nacional Autónoma de México²Facultad de Ingeniería³Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM
ahctet1@ciencias.unam.mx

La tasa de éxito en los métodos de arqueointensidad comúnmente se ve afectada por una deficiente selección del material previo a su procesamiento. En este trabajo presentamos un estudio detallado de los estados magnéticos en los minerales portadores de la remanencia en función de la temperatura y de un campo magnético externo aplicado de diferentes materiales arqueológicos. Usamos análisis estadísticos de componentes principales y de grupos multivariados para generar familias de cerámicas con comportamientos magnéticos similares. Las cerámicas en estos grupos se correlacionaron con las determinaciones de arqueointensidad, independientemente de si el resultado fue rechazado o aceptado. Los resultados proporcionan una caracterización de referencia de estos materiales para estudios posteriores. Con base en lo anterior encontramos que, cerámicas rechazadas con los filtros comúnmente usados para seleccionar materiales arqueológicos, se asocian a familias de cerámicas con buenas determinaciones. Y, por otro lado, el método de agrupación de los materiales nos permitió identificar cerámicas con posibles determinaciones malas que posteriormente corroboramos al realizar el procedimiento de arqueointensidad.

SE10-7

ESTUDIO PALEOMAGNÉTICO INTEGRAL DEL VOLCÁN EL PELADO, SIERRA DE CHICHINAUTZIN

González García Andrea, Rodríguez Trejo Alejandro y Böhnel Harald

Instituto de Geociencias, UNAM

andrea_glez99@outlook.com

El volcán El Pelado, ubicado en el Campo Volcánico Sierra de Chichinautzin (CVSC), es un volcán tipo escudo de composición andesítica. Según fechamientos de (¹⁴C) realizados por Siebe et al. (2004), El Pelado tiene una edad de 10.000 AP. Por otro lado, en 2022, Guilbaud et al. realizaron fechamientos de (³⁶Cl) en los que obtuvieron una edad de 12 ka. Los estudios vulcanológicos realizados por Siebe et al. (2003) y Lorenzo-Merino et al. (2018), catalogaron la actividad presentada por el volcán El Pelado, como de tipo monogenética. Sin embargo, los diversos estudios paleomagnéticos realizados por Herrero-Bervera & Pal (1977), Urrutia-Fucugauchi & Martín del Pozzo (1993), González et al. (1997), Morales et al. (2001), Rodríguez-Trejo et al. (2019) y Mahgoub et al. (2019); muestran diversas direcciones paleomagnéticas, posiblemente contradiciendo la naturaleza monogenética que se le había asignado. El objetivo de este trabajo fue obtener datos paleomagnéticos de dirección e intensidad. Para esto se muestrearon cinco sitios de lavas del volcán El Pelado. De cada sitio se obtuvo un valor de paleodirección a través del método de Desmagnetización por Campos Alternos. Para los valores de paleointensidad, se realizaron tres protocolos distintos: Pseudo-Thellier, Multi-especimen y Thellier-Coe. Además, se determinaron las propiedades magnéticas de las rocas realizando experimentos de susceptibilidad, curvas de histéresis y curvas termomagnéticas. De los cinco valores de paleointensidad, se calculó el valor medio para todo El Pelado: D=0.7° e I= 16.2° con una k = 52.36 y un Alpha₉₅=2.7°. Los resultados obtenidos permiten hacer una comparación y un análisis con los datos de los sitios previamente publicados.

SE10-8

RESULTADOS PRELIMINARES DE UN ESTUDIO PALEOMAGNÉTICO DE ROCAS VOLCÁNICAS EN LA REGIÓN DEL CAMPO VOLCÁNICO DE LOS TUXTLAS-SIERRA DE SANTA MARTA, ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO

González Rangel José Antonio¹, Savián Jairo², Vidal Solano Jesús Roberto³, García Amador Bernardo⁴, Rodríguez Trejo Alejandro⁵ y Caballero Miranda Cecilia¹¹Instituto de Geofísica, UNAM²Universidad Federal de Rio Grande del Sur³UNISON, Departamento de Geología, División de Ciencias Exactas y Naturales⁴Universidad Nacional Autónoma de México⁵Instituto de Geociencias, UNAM

antonio@geofisica.unam.mx

Con respecto a los proyectos de investigación realizados por el Dr. Luis Manuel Alva Valdivia, en colaboración con el Dr. Jairo Savián investigador de la Universidad Federal de Rio Grande del Sur, Brasil. En este trabajo se presentan los resultados preliminares de un estudio paleomagnético realizado en unidades volcánicas, ubicadas en el sector SE del Campo Volcánico de Los Tuxtlas - Sierra de Santa Marta, al sur del estado de Veracruz, México. De acuerdo a datos geomorfológicos, geoquímicos, petrográficos y radiométricos por 40Ar/39Ar, la edad de la actividad volcánica para estas unidades oscila entre 1.0 y 0.5 Ma (Elizarrarás-Rodríguez et al., 2023). El muestreo paleomagnético a cargo del Dr. Luis Alva, logró la recolección de 80 núcleos orientados que corresponden a 8 sitios previamente datados. Dichas muestras fueron desmagnetizadas por campos magnéticos alternos y térmicamente y, en la mayoría de los casos, los especímenes exhibieron una magnetización remanente con una sola componente bien definida y apuntando al origen, con temperaturas de desbloqueo por encima de los 530°C y/o campos destructivos medios entre 40 y 60 mT. En este trabajo se presentarán las direcciones medias de la magnetización remanente característica para cada sitio, los polos geomagnéticos virtuales (VGPs) y el cálculo de la variación paleosecular (PSV), como resultados preliminares que forman parte de un proyecto en pie del Dr. Luis Alva para entender mejor las variaciones del campo geomagnético dentro del periodo de inversión Brunhes-Matuyama en esta región de México.

SE10-9

EL PALEOMAGNETISMO COMO HERRAMIENTA PARA RESOLVER PROBLEMAS VULCANOLÓGICOS

Lerner Geoffrey

Earth Observatory of Singapore

geoffrey.lerner@ntu.edu.sg

La mineralogía magnética relativamente consistente en las rocas volcánicas las convierte en uno de los medios ideales para los estudios paleomagnéticos. Dado que estas rocas suelen registrar el campo magnético terrestre con gran fidelidad durante el proceso de enfriamiento a temperatura ambiente; su muestreo y desmagnetización son cruciales para llevar a cabo investigaciones paleomagnéticas y de paleointensidad. De igual manera, la comprensión de la relación entre el modo en que las rocas volcánicas obtienen la remanencia magnética y las propiedades de

magnetismo y el modo en que estas rocas se forman y emplazan puede utilizarse como una eficaz herramienta para comprender los procesos eruptivos volcánicos. Algunas técnicas paleomagnéticas clave para estudios volcánicos son la búsqueda de tefra en núcleos de sedimentos, datación de erupciones y depósitos volcánicos, determinación de las temperaturas de emplazamiento de los depósitos volcánicos y la estimación de las direcciones de flujo de diques, flujos de lava y depósitos de corrientes de densidad piroclástica. Aunado a lo anterior, también existen estudios paleomagnéticos, como la creación de nuevas curvas de referencia regionales de variación paleosecular utilizando núcleos de sedimentos lacustres, estudios arqueomagnéticos y otras técnicas innovadoras, que benefician enormemente a la investigación futura tanto en vulcanología como en paleomagnetismo. Por lo expuesto previamente, una mejor comprensión de las técnicas paleomagnéticas por parte de la comunidad vulcanológica y una mejor comprensión de los procesos volcánicos por parte de los paleomagnetistas podrían abrir las puertas a mayores avances de colaboración en ambos campos.

SE10-10

ESTUDIOS PALEOMAGNÉTICOS EN SECUENCIAS VOLCÁNICAS Y SUBVOLCÁNICAS NEÓGENAS EN EL MARGEN ESTE DEL GÓLFO DE CALIFORNIA

Velderrain Rojas Luis Alonso¹, Alva Valdivia Luis Manuel² y Vidal Solano Jesús Roberto³

¹Universidad de Sonora

²UNAM

³UNISON

luis.velderrain@unison.mx

A lo largo de los años, se ha debatido sobre el desarrollo de la evolución cinemática de la reorganización del nuevo límite de placas Pacífico-Norteamérica (PAC-NAM) en el NW de México y la apertura del Golfo de California, durante el Mioceno, principalmente desde el cese de la subducción de la placa Farallon debajo de la placa Norteamericana (ca. 12.5Ma), hasta su establecimiento y formación del actual Golfo de California a los ~6 Ma. Esta etapa de tiempo, es definida como proto-Golfo de California, considerado originalmente como un rift volcano-tectónico donde se desarrolló principalmente un fallamiento normal, que ocurrió durante el Mioceno medio-superior en los márgenes del Golfo de California y que controló la posterior apertura del Golfo de California. Diversos modelos cinemáticos muestran cómo y dónde ha sido acomodado el movimiento de las placas PAC y NAM en el NW de México, particularmente en la costa de Sonora durante la etapa proto-Golfo. De esta manera, el presente trabajo muestra los resultados de estudios paleomagnéticos realizados en secuencias magmáticas Neógenas que ponen en evidencia la deformación que ocurrió entre los ~12.5 y ~6 Ma.

SE10-11

INVESTIGACIONES DE LA ANISOTROPÍA SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA EN ROCAS VOLCÁNICAS Y SEDIMENTARIAS DEL CENTRO Y SUR DE MÉXICO

Caballero Miranda Cecilia Irene¹, García Amador Bernardo Ignacio², Hernández Cardona Arnaldo³, González Rangel José Antonio³ y Torres Hernández José Ramón⁴

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM

³Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM

⁴Instituto de Geología, UASLP

cecilia@igefisica.unam.mx

Se presentan un resumen de las investigaciones de la anisotropía magnética de susceptibilidad (AMS) realizadas por el Laboratorio de Paleomagnetismo del Instituto de Geofísica, de la UNAM, en colaboración y como homenaje al Dr. Luis Alva Valdivia. Las investigaciones fueron realizadas en diferentes localidades y con distintos propósitos, como en lavas del Xitle, Ciudad de México; Ignimbrita San Gaspar, Guadalajara; Ignimbrita Cantera, S.L.P.; Ignimbrita El Castillo, Jalapa; Ignimbrita San Gregorio, Taxco; Formación La Mora, Huajuapán de León; así como otros trabajos en recientes en curso. Estas investigaciones fueron complementadas con magnetismo de rocas y mineragrafía para determinar la mineralogía magnética portadora de la AMS y sirvieron de soporte para resolver la precisión del registro de las direcciones paleomagnéticas obtenidas paralelamente. En estas investigaciones se obtuvieron direcciones del flujo lávico, piroclástico o de corrientes fluviales, según el caso. Se determinó la dirección de la fuente de aporte y en el caso de las rocas piroclásticas contribuyeron para determinar el tipo los mecanismos de emisión, ya sea central o por fisuras. La articulación de los estudios de anisotropía magnética en general, con los estudios paleomagnéticos que desarrolló el Dr. Luis Alva, se volvieron una constante en varios de sus proyectos, potenciando el entendimiento de distintos procesos geológicos en el centro y sur de México.

SE10-12

ANISOTROPÍA DE SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA (AMS) Y PALEOMAGNETISMO DE DIQUES RIOLÍTICOS EN EL CERRO LA VIRGEN, LA MESA VIRGEN-CALERILLAS, ZACATECAS

Aguilar Pérez David Humberto¹, Caballero Miranda Cecilia Irene¹, Torres Hernández José Ramón², García Amador Bernardo Ignacio¹ y González Rangel José Antonio¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Universidad Autónoma de San Luis Potosí

dvhap7@gmail.com

En este trabajo se presentan los resultados preliminares de la anisotropía de susceptibilidad magnética (AMS) y el paleomagnetismo de cuatro diques localizados en los alrededores del Cerro la Virgen (CLV), dentro del área de la Mesa Virgen-Calerillas (LMVC), al sur de la ciudad de Zacatecas. En esta región afloran diferentes diques riolíticos con edades reportadas del Eoceno que presentan similitudes estructurales referidas en otras partes del Distrito Minero de Zacatecas. Los diques observados en campo muestran diferentes estructuras internas a lo ancho de su geometría resultado de su comportamiento reológico (e.g., pliegues isoclinales); una foliación y lineación magmática característica, debido a la naturaleza de un flujo de alta viscosidad y, aparente deformación durante su emplazamiento; así como también en algunos casos, el "Efecto Bagnold". El muestreo consistió de 8 a 12 núcleos colectados transversalmente en cada dique, lo que se traduce en 117 especímenes en total, a los cuales se les realizaron mediciones de AMS a bajas frecuencias, así como la desmagnetización de 7 a 9 especímenes por dique, con el fin de conocer las direcciones paleomagnéticas. Los resultados preliminares de AMS indican que las direcciones flujo posiblemente se encuentran asociadas al fallamiento extensional regional. Asimismo, al relacionar los datos de la AMS con las geometrías observadas en campo producto de las características reológicas y, la ausencia o presencia del "Efecto Bagnold", nos permitieron profundizar más en los mecanismos de emplazamiento propuestos. Por último, las direcciones paleomagnéticas de estos diques eocénicos aportan información relevante para los polos paleomagnéticos de la región.

Sesión especial

LA VISIÓN DE LOS SISTEMAS DE FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA RESOLVER LAS PROBLEMÁTICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN MÉXICO

Organizadores

Selene Olea Olea

Eric Morales Casique

José Luis Lezama Campos

SE11-1 PLÁTICA INVITADA

SISTEMAS DE FLUJO TÓTHIANOS: IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS PARA ENTENDER Y CONTROLAR RESPUESTAS AMBIENTALES OBSERVADAS

Carrillo Rivera José Joel¹ y Cardona Antonio²¹Universidad Nacional Autónoma de México²Universidad Autónoma de San Luis Potosí

joelcr@geografia.unam.mx

Inicialmente, los estudios sobre las variables involucradas en cálculos sobre el agua subterránea se han realizado desde una perspectiva básicamente aislada. Forma de estudio que evitaba la corroboración cruzada de resultados, lo que se ejemplifica con el conocido "balance de agua". Sensus stricto estos trabajos impiden establecer procesos ambientales en que el agua subterránea está involucrada en las respuestas ambientales observadas. Comparativamente, la aplicación de los Sistemas de Flujo Tóthianos permite establecer y entender los procesos que incorporan al agua en su funcionamiento ambiental, admitiendo un sentido sistémico que permite identificar conceptos como: i) establecer volúmenes involucrados con calidad del agua obtenida; ii) determinar cualitativamente la posición de la roca basamento; iii) definir el aporte de agua a ecosistemas; iv) establecer origen y control del agua de inundación; v) proponer controles al hundimiento del suelo; vi) aplicar el funcionamiento sistémico (validación cruzada) de componentes del sistema agua; vii) definir sistémicamente el impacto al agua subterránea por cambios en el clima; viii) establecer programas de monitoreo y control de alteraciones del sistema hidrogeológico; ix) identificar la naturaleza y control del aporte de agua salina en áreas costeras; x) proponer controles de la calidad del agua subterránea extraída por bombeo, entre otros. En la presentación de este trabajo se ejemplificará la definición de procesos involucrados en conceptos de los sistemas de flujo implicados en los puntos (ix) y (x), las cuales han sido investigaciones pioneras en el tema a nivel nacional y global, se analizará bajo la teoría Tóthiana la respuesta de la calidad del agua en pozos de extracción y propuestas de control, conteniendo la importancia de su impacto ambiental bajo el referente geológico imperante.

SE11-2

INTERACCIÓN VEGETACIÓN-SUELOS EN UN ECOSISTEMA DEPENDIENTE DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA HUASTECA POTOSINA

Córdova Molina Cynthia del Carmen¹, Cardona Benavides Antonio²,
Alfaro de la Torre Ma. Catalina³ y Reyes Agüero Juan Antonio⁴¹Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales, UASLP²Facultad de Ingeniería, UASLP³Facultad de Ciencias Químicas, UASLP⁴Instituto de Zonas Desérticas, UASLP

a348492@alumnos.uaslp.mx

Las descargas de los sistemas de flujo de agua subterránea (SFAS) desarrollados en medios kársticos constituyen una fuente principal para ecosistemas dependientes del agua subterránea (EDAS). La definición de las zonas de recarga y descarga en ocasiones se realiza con base en datos de cargas hidráulicas y composición química del agua subterránea, simultáneamente se utilizan indicadores superficiales como la topografía del terreno, vegetación y suelo para definirlos, lo que se ha realizado para climas semi-áridos. Esta investigación está orientada, a identificar la relación entre vegetación-suelos-agua subterránea en áreas de recarga-descarga en sistemas de flujo en medios kársticos en un clima cálido subhúmedo. A partir de la selección de sitios en zonas de recarga-descarga, primero se realizó el análisis de datos geoquímicos de agua subterránea, seguido de un muestreo

ecológico, incluyendo la caracterización de los suelos asociados. Se identificaron dos SFAS, una corresponde a agua meteórica que recarga el acuífero a través de estructuras kársticas de la Fm. El Abra y Fm. Tamasopo, infiriendo un flujo local, con composición isotópica de Delta18O (-4,75 a -4,20‰) y Delta2H (-29,12 a -23,86‰), es agua tipo Ca-HCO₃, con CE (conductividad eléctrica) de 428-543 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El segundo es un flujo regional-intermedio, con composición isotópica de Delta18O (-6,90 a -6,65‰) y Delta2H (-41,37 a -40,41‰), agua tipo Ca-SO₄ y CE de 1454 $\mu\text{S}/\text{cm}$, estos circulan por la Fm. Guaxcamá que está constituida principalmente por yesos y dolomías. En zonas de recarga las especies vegetales indicadoras son *Quercus polymorpha*, *Brosimum alicastrum* y *Zuelania guidonia*. Los suelos son tipo Leptosol, alcalinos, con materia orgánica (MO) de 16-18% y CE de 276-450 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En las áreas de descarga con agua subterránea tipo Ca-HCO₃ para el estrato arbóreo la especie indicadora es *Salix babylonica*, en flora acuática es *Nymphaea alba*; con suelos de tipo planosol, neutros-alcalinos, con MO de 5-8%, la CE de 560 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En zonas de descarga de agua subterránea tipo Ca-SO₄ predomina la especie *Leucaena leucocephala* y *Cladium sp.*, suelos tipo vertisol, medianamente alcalino, CE de 1766 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Esta investigación contribuye a la generación de conocimiento que permite comprender la interacción hidrogeológica-ecológica en zonas kársticas de clima cálido subhúmedo, lo cual resulta útil para identificar de manera regional las zonas de recarga-descarga de agua subterránea a partir de indicadores superficiales como son las especies indicadoras y los tipos de suelo, considerando que la información puede emplearse para mejorar las estrategias de gestión para la preservación y conservación de EDAS en zonas kársticas, a partir de emplear soluciones basadas en la naturaleza.

SE11-3

IDENTIFICANDO SISTEMAS GRAVITACIONALES DE FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN UNA REGIÓN TRANSFRONTERIZA: EL CASO DE MÉXICO-GUATEMALA-BELICE

Abud Russell Yussef Ricardo, Aguilar Castillo Tatiana,
Noriega Hernández Eliel y Carrillo Rivera José Joel

Universidad Nacional Autónoma de México

yussef.abud@gmail.com

De acuerdo con CONAGUA, INEGI y estudios científicos, el agua subterránea en la Península de Yucatán constituye la principal fuente que sostiene las actividades humanas, los procesos ambientales y los ecosistemas. UNESCO e IGRAC han determinado que existen acuíferos transfronterizos que se extienden entre las fronteras de México, Guatemala y Belice, donde la Península de Yucatán contiene parte de este sistema transfronterizo. En Europa, la UNECE recientemente, ha establecido directrices metodológicas para estudiar los cursos de agua subterránea compartidos. Estudios locales en la costa oriental del estado de Quintana Roo han abordado sistemas de cuevas horizontales asociados con descargas preferenciales de agua subterránea. Investigaciones en la Península de Yucatán han caracterizado cenotes como regímenes de descarga que corresponden con sistemas de flujo no caracterizados. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es analizar datos hidrogeoquímicos de manantiales, así como información isotópica de estos acoplados en una sección geológica de unos 1,000 km lineales para identificar el movimiento potencial de flujo en el entorno transfronterizo. Aplicando la metodología de los Sistemas Gravitacionales de Flujo de Agua Subterránea se desarrolló un modelo hidrogeológico conceptual que propone el posible comportamiento del flujo regional de agua subterránea considerando la posición del basamento hidrogeológico en esta región. Los resultados incluyen regímenes de recarga y descarga en patrones de flujo tridimensional dentro de las condiciones fisicoquímicas e isotópicas, así como térmicas prevalecientes, interpretadas en el contexto del referente geológico, tipos de suelo, y tipologías de vegetación. Los

resultados contribuyen a la caracterización del agua subterránea transfronteriza y al entendimiento del movimiento preferencial de los sistemas de flujo de tipo regional. Hay expectativa de que estos hallazgos contribuyan a elaborar planes adecuados de manejo del agua subterránea y del ambiente en la Península de Yucatán.

SE11-4

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA DEL NORESTE ARGELINO A TRAVÉS DE CARACTERIZAR MANANTIALES TERMOMINERALES EN LAS REGIONES DE GUELMA, SOUK AHRAS, TEBESSA, Y KHENCHELA

Djaafri Ibtissem Djaafri¹, Karima Seghir¹, Aguilar Castillo Tatiana² y Carrillo Rivera José Joel³

¹Universidad Echahid Cheikh Larbi Tebessi

²Universidad Nacional Autónoma de México

³Instituto de Geografía, UNAM

ibtissem.djaafri@univ-tebessa.dz

El agua subterránea es primordial para sostener los ecosistemas, actividades socioculturales y económicas. En el mundo el agua termal se utiliza en diferentes actividades; en Argelia se destina para fines recreativos y tera-péuticos. La firma fisicoquímica de estas aguas es usualmente utilizada para describir la calidad química, considerando las provincias donde se encuentran el manantial. Dicha descripción a menudo carece de una referencia hidrogeológica regional. Desde esta perspectiva, el objetivo sobre el agua de los manantiales es doble: i) destacar los procesos hidrogeoquímicos que permiten abonar a comprender el funcionamiento de los sistemas de flujo de agua subterránea y la influencia de unidades geológicas predominantes; y ii) destacar para Argelia los flujos regionales basados en características químicas del agua termal a través de geotermometría, acoplando isótopos estables y hallazgos geoquímicos dentro del marco geológico prevaleciente. Este trabajo maneja observaciones de campo, resultados de laboratorio e interpretación de datos del sistema agua siguiendo la perspectiva Tóthiana, proponiendo regímenes de recarga basados en los regímenes de descarga respectivos para sistemas de flujo regionales identificados. Cada sistema de flujo se distingue por la temperatura del agua siendo proporcional a su profundidad de viaje, al gradiente geotérmico, fracturas inferidas, y características químicas de las rocas. La diferencia de temperatura del agua, su composición química y de isótopos estables, permitió proponer características del régimen de recarga. El calentamiento geotérmico sugiere la presencia de diferentes cuencas unitarias, como propone Tóth; convirtiéndose en reto definir el funcionamiento de estas fuentes hidrotermales. Este trabajo puede presentar una base sólida para un análisis numérico de la hidráulica del agua subterránea en el plano vertical donde las densidades involucradas permitan aportar elementos del comportamiento específico de cada sistema de flujo.

SE11-5

HUNDIMIENTOS Y SUBSIDENCIAS EN LOS SISTEMAS DE FLUJO DE LA REPÚBLICA MEXICANA CAUSADOS POR LA EXPLOTACIÓN INTENSIVA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Jiménez Martínez Luis Angel¹, Escolero Fuentes Oscar Arnoldo², Olea Olea Selene² y Medina Ortega Priscila³

¹Licenciatura en Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, UNAM

²Departamento de Dinámica Terrestre Superficial, Instituto de Geología, UNAM

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, UNAM

jimluis18@ciencias.unam.mx

Luis Angel Jiménez Martínez 1, Oscar Escolero Fuentes 2, Selene Olea Olea 2, Priscila Medina Ortega 3 1 Licenciatura en Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, CP: 04510, Ciudad de México, México. 2 Departamento de Dinámica Terrestre Superficial, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, CP: 04510, Ciudad de México, México. 3 Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, CP: 04510, Ciudad de México, México. La subsidencia es un proceso natural que involucra el hundimiento del terreno, este puede ser acelerado por actividades humanas y en nuestro país es una problemática que está ampliamente presente debido a la explotación intensiva del agua subterránea. El fenómeno de subsidencia afecta de diversas formas las zonas donde se desarrolla, por lo que se necesita una investigación enfocada en los sistemas regionales de aguas subterráneas que permita obtener una comprensión integral del problema a escala nacional. Este enfoque permite entender mejor la interacción entre acuíferos, flujos de agua y patrones de subsidencia, facilitando la gestión de recursos y el desarrollo de modelos precisos para prevenir y manejar las consecuencias de la subsidencia. Realizamos un estudio con la finalidad de analizar y correlacionar las extracciones intensivas de agua y la subsidencia del país, buscando comprender el comportamiento de este fenómeno en los sistemas afectados extracciones intensivas y estrés hídrico. Hicimos uso de imágenes satelitales y datos de estaciones GNSS (Sistema Satelital Global de Navegación), con la ayuda de herramientas digitales como Python y Qgis se crearon mapas detallados que identifican áreas afectadas con un énfasis en las condiciones hídricas que promueven la subsidencia, además de incorporar condiciones geológicas como el tipo de suelo y la presencia de fallas y fracturas que aceleran el desarrollo

de la subsidencia. Como resultado se identificaron que 12 sistemas de flujo de agua subterránea se encuentran afectados por subsidencia, revelando que ciertas condiciones geológicas e hídricas aceleran la subsidencia, especialmente en aquellos sistemas con altos índices de extracción intensiva. Se observó una visión conjunta de la extracción y disponibilidad de agua en estos sistemas, lo que permitió simular el avance de la subsidencia y enfocarse en el daño potencial que pueda causar en los sitios donde está presente. Este estudio concluyó con una visión amplia de la subsidencia que sufren los sistemas de flujo y a su vez permitió conocer el desgaste hídrico que enfrenta el país; esta información es crucial para considerar la gestión sostenible del agua, para identificar áreas críticas y desarrollar estrategias que promuevan la sustentabilidad. Además, con nuestro trabajo es posible simular futuros escenarios y planificar el uso eficiente del agua, mitigando los riesgos de subsidencia y estrés hídrico.

SE11-6 PLÁTICA INVITADA

REFLEXIONES SOBRE LA DELIMITACIÓN DE 65 SISTEMAS REGIONALES DE FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN MÉXICO REALIZADA POR EL DR. OSCAR ESCOLERO FUENTES

Escolero Fuentes Oscar, Olea Olea Selene y Morales Casique Eric

Departamento de Dinámica Terrestre Superficial, Instituto de Geología, UNAM

escolero@geologia.unam.mx

El estudio del agua subterránea en México requiere ser visto desde una visión integrada que permita evaluar las problemáticas del agua subterránea que enfrenta México. Por lo que el Dr. Escolero se enfocó en analizar información de más de 1000 documentos, entre estudios hidrogeológicos en la biblioteca de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), el Centro de Conocimiento del Agua del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), reportes técnicos del IMTA, reportes técnicos y tesis en la UNAM, y artículos científicos publicados en revistas de circulación internacional. La metodología de trabajo consistió en integrar en un Sistema de Información Geográfica la toponimia y el modelo digital de elevación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, la delimitación de las cuencas hidrográficas de la CONAGUA, la cartografía geológica del Servicio Geológico Mexicano, redes hidrográficas, delimitaciones de áreas naturales protegidas y cuerpos de agua y digitalización de redes de flujo de trabajos recopilados. El procedimiento de análisis partió de integrar las redes de flujo de agua subterránea con los escurrimientos perennes y los cuerpos de agua como lagos, lagunas costeras, humedales, etc., para aplicar el concepto de "Conectividad hidrológica" e identificar qué cuerpos de agua superficial mostraban conectividad con redes de flujo de agua subterránea. Posteriormente y con base en la cartografía geológica, y con apoyo de los gradientes y las direcciones de flujo de agua subterránea, se aplicó el concepto de "Continuidad hidráulica regional" para establecer qué sistemas, que presentan conectividad hidrológica, podrían tener continuidad hidráulica regional. Finalmente, se identificaron usando el concepto de "Nivel base de descarga global" los niveles base de descarga global y locales. Los resultados de este trabajo permitieron definir 65 Sistemas Regionales de Agua Subterránea (SIRAS) en México, en los que cada uno se comporta como un solo sistema hidrogeológico, con mismo nivel base de descarga global, con una zona de recarga común y con conectividad entre los cuerpos de agua superficiales y el sistema de flujo de agua subterránea. Los niveles base de descarga de los SIRAS son: 7 cuerpos de agua internacional, 15 lagunas costeras, 29 descargas al mar, 9 llanuras de inundación, 1 frontera internacional, 1 planicie kárstica, 2 lagos interiores dulces y 1 manantial. Este es el primer trabajo que muestra una visión integrada de los sistemas de flujo a escala nacional, por lo que mientras mayor sea el conocimiento de los componentes de los flujos regionales y sus conexiones en toda la república mexicana, mejor será la gestión de las aguas subterráneas.

SE11-7

INFLUENCIA DEL EVENTO SÍSMICO DEL 19 DE SEPTIEMBRE DEL 2017 EN EL MANANTIAL AGUA HEDIONDA REPRESENTATIVO DE UNA COMPONENTE INTERMEDIA EN EL SISTEMA DE FLUJO BALSAS

Sierra García Betsabé Atalia¹, Escolero Oscar², Olea Olea Selene² y Medina Ortega Priscila²

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Instituto de Geología, UNAM

ataliasierragarcia@gmail.com

El manantial Agua Hedionda representa un flujo subterráneo con carácter intermedio del sistema de flujo Balsas. El 19 de septiembre del 2017, un sismo de magnitud 7.1 generó cambios físicos (caudal) y químicos (concentración de iones mayores, e isótopos de O18, C14, H2 y H3) sin precedente alguno en su historia. Para comprender estos cambios, se analizaron datos históricos previos al sismo y se realizó un muestreo en 2022 para determinar la química e isótopos. Los resultados isotópicos de O18 y H2 muestran que los cambios en el manantial fueron resultado de un proceso post-infiltración ya que permanecieron constantes antes y después del sismo. Por otra parte, las concentraciones de C14 en 2018 (un año posterior al sismo) fueron altas comparadas a los resultados de 2022 y por el contrario las concentraciones de 3H en 2018 fueron más bajas que en 2022. Este cambio en las concentraciones sugirieron una posible mezcla entre la componente intermedia y regional. Las concentraciones históricas de iones mayores sugirieron que la mezcla

pudo ser temporal, ya que en 2022 se observaron concentraciones similares a las anteriores del sismo (2014). Asimismo, se observó una recuperación progresiva del caudal entre 2017-2022 y finalmente un comportamiento similar de "recuperación" en las concentraciones isotópicas. Se realizó un análisis de la alta actividad sísmica en la región concluyendo que el manantial es vulnerable a los eventos sísmicos y que la mezcla de flujos por el sismo de 2017 no es un fenómeno aislado. Es probable que otras componentes del sistema de flujo Balsas pueden estar siendo afectadas por la actividad sísmica de la zona, sin embargo, los efectos no son tan visibles como los de este manantial que es usado para actividades turísticas. Este enfoque de estudio puede reproducirse en otros sistemas de flujo que son afectados por actividades sísmicas, permitiendo evaluar los cambios que pueden sufrir las trayectorias de flujo.

SE11-8

CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA A PARTIR DE DATOS HISTÓRICOS DEL SISTEMA DE FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA CUITZEO

Llanos Solís Aurora Guadalupe¹ y Olea Olea Selene²¹Universidad Nacional Autónoma de México²Departamento de Dinámica Terrestre Superficial, Instituto de Geología, UNAM
aurorallanos@ciencias.unam.mx

El sistema Regional de Flujo de Aguas Subterráneas Cuitzeo abarca 5208 km², extendiéndose desde el noreste del estado de Michoacán hasta el sureste de Guanajuato, y comprende una región importante para México en cuanto a agricultura y ganadería. Dentro del sistema se encuentran cuerpos de agua como lo son el Lago de Pátzcuaro, el Lago de Cuitzeo, al igual que diversos manantiales. Con la finalidad de conocer el comportamiento hidrogeoquímico del agua subterránea del sistema se realizó una recopilación de datos históricos entre los años 1983-2015, donde se obtuvieron parámetros fisicoquímicos e iones mayoritarios de puntos de aprovechamiento de agua subterránea. La metodología de análisis consistió en realizar diagramas hidrogeoquímicos (piper, gibbs, scatter), así como análisis estadísticos (análisis de mezcla de miembros extremos (EMMA)). Los resultados demuestran que la composición del agua es mayormente bicarbonatada-mixta y es controlada por procesos de interacción agua-roca en rocas silicatadas, así como por intercambio iónico. A partir del análisis estadístico se determinaron cuatro componentes o trayectorias de flujo: local, intermedia y dos regionales, las cuales presentan mezcla. Este estudio es el punto de partida para comprender el comportamiento hidrogeoquímico del sistema de flujo a través del tiempo, así como su evolución hidrogeoquímica. Esta información es útil en el presente para las instituciones u organismos que toman las decisiones sobre el uso y manejo del agua subterránea en el sistema, permitiendo conocer la distribución de las componentes del sistema de flujo de manera espacial al igual que el tipo de agua que están extrayendo.

SE11-9

IDENTIFICACIÓN DE ECOSISTEMAS DEPENDIENTES DEL AGUA SUBTERRÁNEA CON ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE NDVI EN UN SISTEMA REGIONAL DE FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA SUJETO A EXTRACCIÓN INTENSIVA

Salgado Albiter Ariadna Camila¹, Olea-Olea Selene², Morales-Casique Eric³, Ramírez-Serrato Nelly Lucero³ y Medina-Ortega Priscila¹¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, UNAM²Departamento de Dinámica Terrestre Superficial, Instituto de Geología, UNAM³Departamento de Recursos Naturales, Instituto de Geofísica, UNAM
a.camila.salgado@gmail.com

El Sistema Regional de Flujo de Agua Subterránea (SiRAS) Cuitzeo alberga gran variedad de ecosistemas, incluyendo los lagos de Cuitzeo y Pátzcuaro, humedales, manantiales y corrientes superficiales. Estos ecosistemas están expuestos a diversos impactos ambientales relacionados al descenso de niveles estáticos causados por la extracción intensiva del agua subterránea. Estos ecosistemas pueden ser dependientes total o parcialmente del agua subterránea para mantener su estructura, productividad y crecimiento, conformando así ecosistemas dependientes del agua subterránea (EDAS). Dado que el uso sustentable del agua subterránea debe satisfacer los requerimientos de consumo humano sin comprometer las descargas superficiales y los ecosistemas, es necesario conocer la ubicación, los requerimientos hídricos y la estructura de los EDAS para la correcta distribución sostenible del agua subterránea entre la sociedad y los ecosistemas. El primer paso para el manejo eficiente de los EDAS es caracterizar su ubicación y extensión en el paisaje. Para esto, las técnicas de Percepción Remota (PR) ofrecen una gran cobertura regional e información multitemporal que permiten la identificación de los EDAS en el espacio y tiempo. En este estudio se analizó la persistencia multitemporal del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) entre temporadas de lluvias y estiaje para identificar zonas potenciales que alberguen EDAS en el SiRAS Cuitzeo utilizando imágenes del satélite Sentinel-2 desde el 2020 al 2024. Las zonas identificadas se dividieron en baja, media y alta probabilidad de ser EDAS según la media y desviación estándar del NDVI en el periodo de análisis. Las diferentes zonas se evaluaron con datos obtenidos en campo e inventario de manantiales, resultando que más del 60 % de los manantiales coincidieron con zonas de media y alta probabilidad de EDAS. El análisis temporal de los EDAS permite relacionar impactos ambientales existentes en el SiRAS

provocados por el manejo ineficiente y la extracción intensiva del agua subterránea. La identificación de los EDAS es una tarea valiosa necesaria para formular nuevas metodologías de gestión sostenible del agua con el objetivo de recuperar o mantener la conectividad entre el agua subterránea y los ecosistemas.

SE11-10

MANANTIALES TERMALES DE UNA COMPONENTE INTERMEDIA DEL SISTEMA REGIONAL DE AGUA SUBTERRÁNEA TUXPAN

Ramírez González Lorena¹, Escolero Oscar², Olea-Olea Selene² y Medina-Ortega Priscila³¹Licenciatura en Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, UNAM²Departamento de Dinámica Terrestre Superficial, Instituto de Geología, UNAM³Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, UNAM
lore.ram.gon@gmail.com

El Sistema Regional de Agua Subterránea Tuxpan, cuya extensión comprende los estados de Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí y Veracruz está caracterizado por la presencia de aguas termales, particularmente en el estado de Hidalgo. Con la finalidad de comprender su presencia en el sistema de flujo se llevó a cabo un estudio en dos manantiales termales ubicados en Ajacuba, Hidalgo. Se colectaron muestras para el análisis de iones mayoritarios, elementos traza, isótopos 18O, 2H, 14C y tritio. En cuanto al procesamiento de los datos, se utilizaron diagramas de Piper y Schoeller para identificar la composición química del agua; gráficas de relaciones isotópicas de 18O, 2H para identificar posibles procesos hidrogeoquímicos; 14C y tritio para realizar una estimación de la edad del flujo; y se aplicaron geotermómetros basados en contenido de sílice para determinar la temperatura del reservorio y profundidad de circulación del sistema. Los resultados indican que los manantiales presentan aguas de tipo cloruradas y/o sulfatadas sódicas, debido a la interacción con las rocas volcánicas (andesita y basalto) en la zona. Asimismo, la presencia de los iones Na⁺, Ca²⁺, HCO₃⁻ y SO₄²⁻ se puede atribuir a procesos como la disolución de yeso e intercambio catiónico. Las muestras presentan concentraciones de 2H similares a la precipitación local y variación en cuanto a los valores de 18O debido al intercambio isotópico con los carbonatos y silicatos presentes en la roca a través de la cual se mueve el agua. A partir de la datación isotópica con 14C, y utilizando el modelo de corrección de Pearson para el valor inicial de carbono inorgánico disuelto, se estimó la edad del agua subterránea y se obtuvo un valor de aproximadamente 6,040 a 8,740 años A.P. Por último, las temperaturas calculadas con los geotermómetros (55-89 °C) sugieren un flujo de baja temperatura (<150°C) a una profundidad de 2364 a 2404 m. Por lo tanto, la caracterización del flujo parece indicar que los manantiales pertenecen a una componente intermedia, donde el agua recargada se aloja en rocas volcánicas andesíticas-basálticas y asciende a través de fallas. Llevar a cabo estudios que permitan conocer y caracterizar el tipo de flujo que circula en un sitio, es de gran importancia para preservar las fuentes de abastecimiento y el turismo de aguas termales que es la principal actividad económica de la zona. Comprender el origen, y las características físicas de este flujo intermedio permite a los pobladores tomar decisiones orientadas en su uso y manejo

SE11-11

MODELO DE FLUJO E HIDROGEOQUÍMICO DEL SISTEMA DE FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA YUCATÁN

Castro Zarate Martha Edith¹, Olea Olea Selene², Morales Casique Eric², Neri Flores Iris³, Salas Barrera Citlali⁴ y Mariño Tapia Ismael de Jesús³¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, UNAM²Departamento de Dinámica Terrestre Superficial, Instituto de Geología, UNAM³Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Mérida, UNAM⁴Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM
marthecz95@gmail.com

El área de estudio se localiza en el sistema de flujo de agua subterránea (SiRAS) Yucatán que es un sistema costero kárstico y se caracteriza porque el agua de lluvia se infiltra rápidamente al subsuelo, el flujo que ocurre a través de las cuevas es rápido y la retención de contaminantes en el suelo es limitada. Estas condiciones hacen más vulnerable al Sistema Yucatán por contaminación antropogénica. El agua subterránea es la única fuente de abastecimiento para uso humano y para los ecosistemas de Yucatán, por lo tanto, es necesario gestionar adecuadamente su uso a partir de estudios que nos ayuden a comprender la dinámica del Sistema Yucatán. El objetivo de este trabajo es realizar un modelo de flujo acoplado a la hidrogeoquímica del sistema de flujo de agua subterránea en el estado de Yucatán para identificar procesos de transporte e hidrogeoquímicos. Para el análisis hidrogeoquímico se midieron parámetros fisicoquímicos y se recolectaron muestras de agua subterránea para iones mayoritarios y elementos traza en mayo de 2023 en el estado de Yucatán. El modelo conceptual se realizó considerando la clasificación de las muestras con respecto a la calidad química, diagramas hidrogeoquímicos, una red de flujo que se realizó con mediciones en campo de la profundidad del nivel estático e información bibliográfica. El modelo de flujo acoplado a la hidrogeoquímica se realizará con el software PHAST (PHREEQC y HST3D) el cual es un programa que sirve para simular el flujo de agua subterránea, transporte de solutos y reacciones geoquímicas. Se presentan los primeros resultados para el modelo acoplado a partir de la caracterización hidrogeoquímica, donde se han identificado 3 componentes del sistema de flujo: 1) la componente local que es la más somera y está influenciada por el clima actual, 2) la componente intermedia

que se localiza sobre la falla de Ticul y al ser más evolucionada sugiere que la falla es un ducto preferencial del flujo de agua subterránea y 3) la componente regional que se ubica principalmente sobre la línea de costa. La dirección de flujo de agua subterránea es principalmente de sur a norte, pero existen dos rasgos geomorfológicos que modifican esta dirección de flujo y son la falla de la sierrita de Ticul y el anillo de cenotes, ya que ambos son ductos preferenciales para el agua subterránea. El SIRAS Yucatán es un sistema complejo y es importante saber como abordar las complejidades geomorfológicas, hidrogeoquímicas y de flujo para poder obtener resultados que ayuden a realizar una gestión adecuada del agua subterránea en la Península de Yucatán.

SE11-12

DELIMITACIÓN DE LAS COMPONENTES DE FLUJO DE DOS SISTEMAS REGIONALES DE AGUA SUBTERRÁNEA UBICADOS EN LA FAJA VOLCÁNICA TRANSMEXICANA

Olea-Olea Selene, Escolero Oscar y Morales Casique Eric
Departamento de Dinámica Terrestre Superficial, Instituto de Geología, UNAM
selene@geologia.unam.mx

Estudiar el agua subterránea desde la perspectiva de los Sistemas Regionales de Agua Subterránea (SIRAS), permite generar estrategias de gestión enfocadas a la disponibilidad del agua asociada a las trayectorias de flujo en las que circulan. En este trabajo se abordó la delimitación de las componentes o trayectorias de flujo de dos SIRAS localizados en la Faja Volcánica Transmexicana: 1) Anáhuac ubicado en la Cuenca de México que comprende la CDMX, y parte de los estados de México, Hidalgo y Puebla; y 2) Cuitzeo ubicado entre los lagos de Pátzcuaro y Cuitzeo y la ciudad de Morelia en los estados de Michoacán y parte de Guanajuato. La metodología de trabajo consistió en la toma de parámetros fisicoquímicos y muestras de agua en pozos, norias y manantiales para su determinación en laboratorio de iones mayoritarios y elementos traza en ambos SIRAS, así como C14 en el SIRAS Anáhuac. La delimitación de las componentes se hizo mediante: a) parámetros fisicoquímicos como temperatura y conductividad eléctrica, b) análisis de la hidrogeoquímica con gráficos tradicionales como Piper, Gibbs y Scholler y con gráficos no tradicionales como Mifflin, c) métodos estadísticos como análisis de clúster y análisis de mezcla de miembros extremos. Los datos de delimitación se cruzaron con la geología del Servicio Geológico Mexicano y rasgos estructurales. Los resultados muestran que ambos sistemas presentan componentes locales, intermedias y regionales, que se encuentran mezcladas debido al diseño de los pozos de extracción y las tasas de extracción de agua subterránea. Se presenta termalismo asociado al gradiente geotérmico de la tierra y la presencia de fallas. Las componentes locales de ambos sistemas tienen diferentes tiempos de circulación, siendo muy corta para manantiales y más larga para pozos. Las componentes intermedias están asociadas a la presencia de rasgos estructurales como grabens, semigrabens y fallas normales. Las componentes regionales son frías y calientes, siendo más evolucionadas para el SIRAS Anáhuac, en donde los resultados de C-14 aplicando el modelo de corrección de edad de la Agencia Internacional de Energía Atómica sugieren tiempos de circulación de aproximadamente 13 mil años. La delimitación de las componentes del SIRAS Anáhuac es el primer caso práctico realizado para un SIRAS en México, esta metodología pudo ser extrapolada al SIRAS Cuitzeo. Ambos casos demuestran que las componentes de flujo no son estáticas, y que están pueden cambiar según las tasas de extracción del agua subterránea. En escenarios de cambio climático y de extracción intensiva de agua subterránea, es una tarea primordial generar la delimitación de las componentes o trayectorias de flujo de los 65 SIRAS de México en miras de realizar una gestión más efectiva y enfocada de los recursos de agua subterránea.

SE11-13 PLÁTICA INVITADA

IMPORTANCIA DE LOS FLUJOS REGIONALES PARA ENTENDER LOS PROBLEMAS DE DISPONIBILIDAD Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL NORESTE DE MÉXICO

Ramos-Leal José Alfredo, Morán Ramírez Janete y Almanza Tovar Oscar Guadalupe
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
jalfredo@ipicyt.edu.mx

El Estado de San Luis Potosí se encuentra ubicado entre las provincias fisiográficas Mesa del Centro, Sierra Madre Oriental y Llanura Costera del Golfo Norte. El Estado de San Luis Potosí es dividido en 4 regiones, cada región representa un escalón altitudinal, de tal manera que la Llanura Costera del Golfo Norte, es el escalón de menor altitud, con una altura promedio de 100 msnm, denominada como la zona Huasteca y también algunas partes de la Sierra Madre Oriental, con elevaciones de 1,180 msnm. La Zona media constituye el segundo escalón con altitudes de hasta los 1,300 msnm. El tercer piso altitudinal se distribuye en lo que se denomina Altiplano Potosino, con elevaciones van de 1,400 a 2000 m. La región centro se ubica al sur del Altiplano. Comprende regiones como Sierra de San Miguelito, Santa María del Río, Valle de San Luis Potosí y Villa de Reyes, con elevaciones de con elevaciones de 1600 a 2800 msnm. Cada región, tiene características geológicas, climáticas, hidrológicas e hidrogeológicas particulares, condicionan la dinámica del agua subterránea y su calidad. Por ello, los diferentes sistemas de flujo no están presentes en todas las regiones y la calidad del agua subterránea varía para cada región. Como resultado de esta complejidad, la abundancia del recurso hídrico es diferente en cada zona.

SE11-14 CARTEL

EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EXTRAÍDA EN SAN PABLO TECALCO

Carreola Silva Aurora Guadalupe¹, Carrillo Rivera José Joel², Martínez Hernández Esperanza³, Angeles Escamilla Jorge⁴ y Hernández Buendía Arturo³

¹Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Geografía, UNAM

³Comité Autónomo de Agua Potable de San Pablo Tecalco

⁴Comité Autónomo de Agua Potable de Zumpango

auroracarreola@encit.unam.mx

Diversos municipios del EDOMEX han crecido aceleradamente en las últimas décadas, al mismo tiempo que incrementa la demanda de agua potable. Poco más del 80% de las fuentes de abastecimiento de agua en dicho estado son subterráneas. Por otro lado, el riesgo de la contaminación al agua subterránea es mayor ya que diariamente se producen desechos que carecen de un manejo adecuado, lo que aumenta el riesgo de enfermedades en la población por la infiltración de desechos sólidos urbanos, aguas residuales, residuos agrícolas y ganaderos, además de la cantidad y distribución de los pozos que afectan significativamente a la calidad de agua subterránea. Este estudio retoma investigaciones pasadas en San Pablo Tecalco, Nezahualcóyotl y alrededores; con el objetivo de comparar con el muestreo reciente de 3 pozos de tipo urbano y así poder entender la evolución hidrogeológica y urbana en materia de infraestructura hidráulica de dicha zona. Este estudio no hubiera sido posible de no ser por la participación del Comité Autónomo de Agua Potable de San Pablo Tecalco y sus habitantes. Es importante evaluar conjuntamente la calidad del agua subterránea, el medio hidrogeológico y las actividades antropogénicas, reconociendo el sistema de flujo de agua subterránea como un medio dinámico que es susceptible a los cambios que produce el ser humano.

Sesión especial

ENERGÍAS RENOVABLES Y SISTEMAS DE ENERGÍA

Organizadores

Vanessa Magar
Osvaldo Rodríguez
Carlos López

Alejandro Camilo Espinosa Ramírez

SE12-1

MODELO MPAS DE LA ATMÓSFERA A ESCALAS GLOBALES Y REGIONALES CON APLICACIONES A PRONÓSTICO DEL TIEMPO Y ENERGÍA EÓLICA

Magar Vanessa¹, Imberger Marc², Belikov Evgenij³, Peña Alfredo² y Chue Hong Neil¹¹GEMLab, Departamento de Oceanografía Física, División de Oceanología, CICESE, Ensenada, México²DTU Wind and Energy Systems, Technical University of Denmark, Roskilde, Denmark³EPCC, University of Edinburgh, Bayes Centre, Edinburgh, UK

vmagar@cicese.edu.mx

Los modelos regionales con anidaciones son comunes en investigaciones relacionadas con el pronóstico del tiempo y energía eólica. La alta resolución que permiten los modelos regionales anidados es deseable por la precisión y la eficiencia computacional que pueden alcanzar. Sin embargo, la anidación introduce inestabilidades en las fronteras que se propagan de resoluciones bajas a altas, causados por los cambios abruptos en resolución de mallas y por una relativa falta de precisión en el paso del tiempo. Estas inestabilidades pueden evitarse usando modelos globales con refinación gradual de las mallas. En estos modelos la malla se puede refinar en el área de interés y ser de baja resolución en otras áreas. En este trabajo presentaremos resultados preliminares con el núcleo atmosférico del modelo "Model for Prediction Across Scales" o MPAS-A, para pronóstico del tiempo en el Puerto de Ensenada, el proceso de generación de mallas, actividades de porting y benchmarking, posibles parametrizaciones de la física, asimilación de datos, y otros casos de estudio de interés en investigaciones de energía eólica.

SE12-2

IMPACTO EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL PARQUE "EÓLICA DEL SUR", LOCALIZADO EN LA VENTOSA, OAXACA, DEBIDO A LAS ESTELAS DE LAS TURBINAS

Plazola Hernández Alan, Espinosa Ramírez Alejandro Camilo y Cros Anne

Universidad de Guadalajara

alanplazola2718@gmail.com

La energía eólica desempeña actualmente un papel importante en la capacidad energética de muchos países, destacándose por ser una fuente de electricidad limpia y renovable. En América, México se encuentra actualmente en el cuarto puesto en lo que respecta a generación eólica, esto se debe principalmente a que el país tiene regiones con gran potencial eólico, como La Ventosa, Oaxaca. Una de las principales causas de disminución en la eficiencia de las granjas eólicas es la interacción entre estelas y turbinas. Esta interacción provoca un déficit de velocidad atrás de un aerogenerador en operación. En este trabajo cuantificamos las pérdidas de energía debido a las estelas de 132 aerogeneradores en la granja "Eólica del Sur" ubicada en la región de La Ventosa, Oaxaca. La interacción entre estelas y turbinas la realizamos usando una expresión analítica para el perfil de déficit de velocidad que supone una distribución Gaussiana de la estela. Este perfil nos permite realizar la superposición de estelas y su impacto en la potencia obtenida en una turbina sometida a esta combinación de estelas. Además, proponemos un acomodo óptimo para los aerogeneradores de esta granja que minimiza las pérdidas anuales por la interferencia de las estelas. Encontramos que se puede reducir el impacto negativo en la potencia de la granja debido a este fenómeno en un 1.4 %, lo cual representa 3.3 MW de potencia adicionales (aproximadamente el consumo eléctrico de 3,000 casas habitación en México). Este incremento corresponde a la potencia entregada por 1.9 turbinas de esta granja (dadas las condiciones de viento de la región). Nuestro trabajo implica que se pueden realizar labores previas a la instalación de una granja eólica que incluyan un estudio detallado de la interacción entre las turbinas y las estelas, incluso las estelas de turbinas instaladas previamente, con la finalidad de aumentar la eficiencia neta de la granja.

SE12-3

FRECUENCIA DE ROTACIÓN DE TRES ROTORES EN FILA DE EJE HORIZONTAL: EFECTO DE LAS ESTELAS EN EL GIRO DE LA TERCERA TURBINA EN FILA

Espinosa Ramírez Alejandro Camilo y Cros Anne

Universidad de Guadalajara

acamilo.espinosa@gmail.com

Todo tipo de turbina de eje horizontal genera una estela en presencia de una corriente de viento o agua que pasa a través de ella. Esta estela puede interactuar con otras turbinas detrás y disminuir la eficiencia a la que ellas trabajan. Estudios recientes han encontrado que si se posicionan tres o más turbinas en fila, la segunda estela difiere de la primera; esto ocasiona que la tercera turbina en fila pueda extraer más energía cinética de la corriente que la segunda turbina. En este trabajo presentamos un estudio experimental en el que posicionamos tres rotores en fila. Los rotores son libres de girar sin un motor que los impulse o un freno que los detenga, mas que la fricción con el eje. Estos rotores difieren de las turbinas de viento o hidrogenadores ya que ellos están diseñados para trabajar a una rapidez angular óptima. Sin embargo, nuestro arreglo nos permite estudiar los efectos de las estelas en el giro de los rotores; en específico cómo la segunda estela hace girar al tercer rotor en fila a una razón diferente al que gira el segundo rotor. Nuestros resultados muestran que el tercer rotor en fila es capaz de girar más rápido que el segundo rotor siempre que los tres rotores estén cercanos entre ellos, a menos de 3.5 diámetros de rotor de distancia. Nuestro trabajo, así como estudios previos, sugiere que se pueden proponer nuevos modelos analíticos de estelas en las que la rapidez axial no decrece con la distancia a la turbina, sino que también depende de la interacción de las estelas en el arreglo de rotores.

SE12-4

ESTRUCTURA VERTICAL DE LA TURBULENCIA EN UN ESTRECHO DE UN MAR MARGINAL

Arias Esquivel Víctor Alejandro, Bermúdez Romero

Anahí, Magar Vanessa y Godínez Víctor Manuel

División de Oceanología, CICESE

alexarias7114@gmail.com

Los flujos medio y turbulento en el estrecho entre Isla San Esteban e Isla Tiburón fueron evaluados con datos de oleaje, mareas, y corrientes con un ADCP de julio a septiembre de 2023. Se estimaron los tensores de Reynolds, la energía cinética turbulenta (TKE), la anisotropía, y la producción de TKE en intervalos de 526 hrs y 733 hrs (25.2 m y 42.4 m de profundidad) en los días anuales 192 al 214 y 214 al 245. El oleaje promedio H_s , T_p , y D_p fue 0.55 m (0.11-1.84 m), 8.9 s (3-18.3 s), y 141 grados (3-355 grados) y 0.57 m (0.03-4.56 m), 9 s (2.6-25.6 s), y 147 grados (1-360 grados), respectivamente. Los perfiles de TKE se incrementan hacia la superficie con promedios de $31 \times 10^3 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$ y rango de 21.6 a $38.4 \times 10^3 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$ y promedio $15.2 \times 10^3 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$ y rango de 7.7 a $21.8 \times 10^3 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$, respectivamente. Existe un flujo anisotrópico cerca del fondo e isotrópico cerca de la superficie. El promedio de la anisotropía es 0.20 con un rango de 0.17 a 0.24, y es 0.23 con un rango de 0.20 a 0.26 para cada periodo. La velocidad es mayor en superficie con un promedio de 0.46 ms⁻¹ a 0.62 ms⁻¹. Los promedios de los tensores de Reynolds (u'^2 , v'^2 , w'^2 , $u'w'$, y $v'w'$) fueron 25.8, 34.7, 1.8, 9.5, y -0.5 $\times 10^3 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$; y 12.4, 16.8, 2.2, 4.3, y -1.1 $\times 10^3 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$, respectivamente. La tasa de producción promedio fue $1.14 \times 10^4 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$ y $0.93 \times 10^4 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$.

SE12-5

COMPARACIÓN DE DOS SISTEMAS DE PRONÓSTICO DE ENERGÍA EÓLICA Y FOTOVOLTAICA

Ochoa Moya Carlos Abraham¹, Lezana Duran Fernando² y Quintanar Arturo¹

¹Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

²Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
carlos.ochoa@atmosfera.unam.mx

Se diseñó inicialmente un Sistema Híbrido para pronosticar la producción de energía en centrales eólicas y fotovoltaicas. Este sistema combina un modelo numérico de pronóstico meteorológico con una red neuronal. Sin embargo, debido al alto costo computacional, se propone un nuevo sistema basado en el diseño original, pero sin utilizar un modelo dinámico de la atmósfera para alimentar la red neuronal. Ahora, variables como la velocidad y dirección del viento a 10 m, la temperatura y la humedad relativa a 2 m, y la radiación neta en superficie se obtienen directamente del Sistema Global de Pronóstico (GFS), con el objetivo de reducir el tiempo de ejecución del Sistema Híbrido. Se comparó el desempeño de ambos sistemas en cuatro centrales generadoras seleccionadas, mostrando que el sistema basado únicamente en GFS tiene un rendimiento inferior y no cumple con el límite de error del 15 %. Al igual que su predecesor, presenta problemas con sistemas típicos invernales. Sin embargo, debido a su ligereza computacional, ofrece un prometedor margen de mejora.

SE12-6

LOS RECURSOS DE HIDROCARBUROS EN MÉXICO, DENTRO DEL PANORAMA HACIA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Hernández Ordoñez Rodrigo

Comisión Nacional de Hidrocarburos, CNH

rodrigo.hernandez@cnh.gob.mx

La transición energética es una realidad, las políticas establecidas por algunos gobiernos, principalmente en Europa, permearán en las políticas en el resto de los países. Independientemente del grado de avance en la aplicación de dichas políticas, la transición energética es urgente como medida de mitigación, ante el cambio climático y sus consecuencias. No obstante, hay que establecer la realidad de los países, sus recursos naturales y económicos, como elementos para la transición energética. Así como considerar la historia de la humanidad, por ejemplo, cuando el carbón se implementó como combustible para las máquinas de vapor, hace dos siglos, participaba en 2.4% de la generación de energía, un siglo después dominaba la matriz energética con 54.4%, sin embargo, la biomasa seguía representando el 38.4% y el petróleo y el gas emergían con 6.2%. Con todos los esfuerzos realizados y las nuevas tecnologías para la generación de energía con fuentes no fósiles, actualmente en el mundo el 75% de la energía se genera con carbón, petróleo y gas, y en términos absolutos, desde el pico de la generación con combustibles fósiles (hace 50 años), al 2023, ha habido una reducción de apenas 4.9 puntos porcentuales en la matriz energética. En México, la situación presenta mayor proporción de los combustibles fósiles. De acuerdo con la información más reciente, el 82.5% de la producción de energía proviene del carbón, petróleo y gas. Por otro lado, la producción de energía limpia, hidroenergía, solar, eólica y geotérmica, de 2018 a 2022, tuvo incrementos en la participación de la matriz energética, de 2.6%, 2.3%, 1.8% y 1.0%, respectivamente. Sin embargo, en términos relativos sus incrementos fueron de 171.9%, 724.5%, 303.3% y 342.6%. Los datos indican que los hidrocarburos serán la base para la transición energética, eso lo demuestra el incremento de las reservas probadas mundiales de petróleo, en el año 2000 eran de 1,300.9 miles de millones de barriles (MMMb) y en 2020 crecieron a 1,732.4 MMMb, a pesar del incremento del consumo global en 15 millones de barriles diarios. Análogo es el caso del gas natural, cuyas reservas mundiales pasaron entre los años 2000 a 2020 de 138 a 188.1 trillones de metros cúbicos, aun cuando el consumo creció en casi 1.5 trillones de metros cúbicos en ese periodo. En México, de 2016 a 2024, las reservas de petróleo decrecieron en 15.8%, y las de gas crecieron en 7%. Cabe añadir que México cuenta con recursos prospectivos de petróleo por 68.0 MMMb y 224.7 trillones de pies cúbicos de gas. Con esta perspectiva, en el presente estudio se puede concluir que la transición energética está ocurriendo, con los ritmos que permiten las políticas y condiciones de cada país, y los hidrocarburos representan una parte fundamental del consumo energético, por lo que la transición energética debe considerar una estrategia con ellos, en particular con el gas, al ser un combustible más eficiente.

SE12-7

ESCENARIOS ENERGÉTICOS PARA MÉXICO A 2050: HACIA ALTERNATIVAS JUSTAS Y SOSTENIBLES AL “BUSINESS AS USUAL” Y EL “GREEN GROWTH”

Ferrari Luca, Masera Omar y Palacios Rodrigo

Universidad Nacional Autónoma de México

luca@unam.mx

México enfrenta una situación energética difícil que requiere cambios urgentes. El declive geológico de la producción de hidrocarburos (que todavía representan el 85% de la matriz energética) y la dependencia creciente de la importación

de gas natural de Estados Unidos (70% del consumo) así como la profunda desigualdad en el consumo energético y los impactos socio-ambientales asociados a megaproyectos de energía y expansión de la minería requieren acciones inmediatas para transitar a un futuro más justo y sustentable. Como parte del proyecto “Plataforma Nacional Energía Ambiente y Sociedad” (PLANEAS), hemos desarrollado cuatro escenarios contrastantes sobre transiciones energéticas para México hasta 2050: a) un escenario de crecimiento inercial tipo “Business as Usual” (BAU), sin cambios significativos con respecto a las tendencias históricas; b) un escenario de “crecimiento verde” (ECV) como lo planteado por agencias internacionales (IEA, IRENA etc.) y basado en mejoras tecnológicas, electrificación intensiva y transición masiva a fuentes renovables; c) un escenario denominado “Vida Digna” (EVD) de acuerdo a lo propuesto por Millward-Hopkins et al. (2020), que prevén una cobertura universal de servicios básicos basada en principios de suficiencia, equidad, eficiencia, localización y colectividad, y despliegue de energías renovables a escala local; d) un escenario denominado Transición Justa y Sustentable (TJS) que adapta el EVD a las condiciones y los desafíos políticos-económicos de México. Los resultados muestran que bajo el escenario BAU la producción de energía fósil se reduce marginalmente y las emisiones de GEI no presentan casi reducciones. Bajo el ECV, prácticamente no hay cambios en el consumo de energía, pero se puede alcanzar una reducción del 46.8% en las emisiones de GEI respecto al BAU, aunque esto implica la expansión del parque de generación eléctrica hasta 2.34 veces la capacidad instalada en 2021. Sin embargo, los requerimientos de energéticos fósiles para el BAU y de materiales y minerales para el ECV son incompatibles con la disponibilidad de estos recursos a futuro. En contraste, los escenarios EVD y TJS garantizan estándares de vida dignos para toda la población dentro de los límites de disponibilidad de energéticos fósiles y materiales y minerales. Además presentan una reducción del consumo total de energía del 62.8% y el 44.8% respecto a 2021, respectivamente, permitiendo una reducción de emisiones mucho más ambiciosa que el ECV, mientras que incrementan la soberanía energética permitiendo alcanzar la independencia neta a principios de la década de 2030. Encontramos que es posible lograr un sistema energético más pequeño y más sustentable y al mismo tiempo alcanzar metas de justicia social y ambientales a través de cambios profundos en la estructura de la economía mexicana, que debería pasar del actual modelo orientado a la exportación a una alternativa basada en la suficiencia y satisfacción de las necesidades prioritarias nacionales, en el marco de un nuevo imaginario, donde el “éxito” no se mide en el crecimiento interminable de la riqueza material, sino buscando logros colectivos, basados en la cooperación, una organización socioeconómica más descentralizada, diversa, resiliente y en armonía con la naturaleza.

Sesión especial

CIENCIAS OCEANOGRÁFICAS, ATMOSFÉRICAS Y SOCIEDAD: ¿CÓMO NOS COMUNICAMOS?

Organizadores

Victor Alejandro Arias Esquivel
Andrea Mitre Apaez
Yoalli Hernández Marmolejo
Ana Lucía de Santos Medina

SE13-1

COMUNICACIÓN OCEFÍSICA: CREACIÓN DE ESPACIOS PARA LA DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN DEL CONOCIMIENTO DEL DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFÍA FÍSICA DEL CICESE

Mitre Andrea, Morales Pérez Alina y Gómez Valdés José
División de Oceanología, CICESE
mitre@cicese.edu.mx

La difusión del conocimiento científico es una necesidad de primer orden para el desarrollo de la ciencia y la sociedad. Con el objetivo de poder ofrecer una mejor difusión de los trabajos científicos y llegar a un mayor público, el Departamento de Oceanografía Física (DOF) del CICESE implementó en tiempos de la pandemia de COVID-19 un grupo enfocado en desarrollar estrategias de difusión y divulgación del conocimiento científico a través de herramientas digitales. Al comienzo fueron los seminarios de investigadores del DOF el estandarte clave que comenzó nuestra difusión en redes. Los cuales hasta la fecha se realizan híbridos para alcanzar a un mayor público. Se trabaja con publicaciones constantes en redes sociales como Facebook, Instagram, Twitter y YouTube. Actualmente, en 2024 se continúa con los mismos objetivos mediante la planeación de espacios y colecta de información de eventos externos al departamento para que la comunidad científica del DOF pueda participar. En 2023 en el DOF se celebró el 50 aniversario de la fundación del departamento y se realizó el primer festival de divulgación organizado por nuestro grupo. Este año se realizó la segunda edición, denominado "Festival de Divulgación de las Ciencias del Océano y la Atmósfera del Departamento de Oceanografía Física – CICESE 2024" el cual tuvo mayor asistencia y alcance que el primero. Por lo que, estos espacios han sido exitosos para la relación entre la comunidad civil y la académica. Sin embargo, el grupo continúa planteando estrategias para tener una mejor disponibilidad del conocimiento que la comunidad científica puede aportar.

SE13-2

CHIPI CHIPI COMO PROYECTO DE DIVULGACIÓN DE LAS CIENCIAS ATMOSFÉRICAS

Pereyra-Castro Karla¹, Cruz-Pastrana Daniela Alejandra² y Méndez-Pérez Juan Matías¹

¹Licenciatura en Ciencias Atmosféricas, Universidad Veracruzana

²Grupo de Climatología Aplicada, Universidad Veracruzana
karpereyra@gmail.com

La comunicación de las ciencias atmosféricas con la intención de llegar al público sin entrenamiento técnico requiere la apropiación de conceptos básicos de climatología y/o meteorología como estado del tiempo y clima y el desarrollo de canales de intercambio de información. Esto necesita un proceso constante y gradual que se fomenta desde espacios amenos donde los términos se muestren de manera comprensible y cercana, a veces sacrificando precisión para ganar accesibilidad. En este trabajo se mostrarán ejemplos de dos formas de divulgación del conocimiento de Chipi Chipi (chipichipi.atmosférico): a través de las redes sociales en Facebook, Instagram y Tik Tok y charlas-taller en educación básica y educación media superior. Las publicaciones semanales de Chipi Chipi en redes sociales son: Miércoles de Mito-té, Jueves de infografía y Viernes de Citas. La experiencia ha mostrado que la vinculación emocional entre el público y el tema favorece la aceptación del material y despierta la curiosidad por las demás áreas de las ciencias atmosféricas; es notable que el público se muestra más entusiasmado cuando se perciben como parte de la generación de conocimiento. En el caso de las charlas-taller, el involucrar activamente al público a través del diálogo, la participación en experimentos y la elaboración de productos que puedan conservar y mostrar a otros, motiva la participación. Estas actividades ayudan a la construcción de la cultura científica, en un proceso constante pero paulatino que lleve a la comunidad a la comprensión del cambio climático y las acciones de mitigación y adaptación a éste.

SE13-3

USO DE LAS REDES SOCIALES COMO HERRAMIENTA DE DIVULGACIÓN Y APOYO A LA ENSEÑANZA DE ELECTRÓNICA DIGITAL EN CIENCIAS DE LA TIERRA

Robles Roldan Miguel Angel
Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
miguel.robles@atmosfera.unam.mx

En la, recientemente creada, Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra (ENCIT) existe la Licenciatura en Ciencias de la Tierra. En esta licenciatura se imparten materias de electrónica digital, en especial algunas que tienen que ver con el uso y aplicación de microcontroladores y microprocesadores. Como una manera de fomentar el interés de los alumnos por estas materias, se utilizaron algunas Redes Sociales. En ellas se publicaron algunas de las actividades que los alumnos realizaban en las clases. Además de cierta interacción con los alumnos, se obtuvieron reacciones de personas ajenas a la clase, en algunos casos incluso ajenas a la escuela. Otra de las actividades de divulgación en las que se ha participado, son las ferias y otros eventos presenciales similares. Sin embargo, en los eventos presenciales únicamente se ha tenido interacción con alrededor de 80 personas, mientras que en algunas publicaciones se alcanzaron más de 200 reacciones. Desde este punto de vista, las redes sociales resultaron una excelente y muy eficiente herramienta para la divulgación.

SE13-4

VUELA, VUELA, EL SATÉLITE SWOT VUELA EN EL ESPACIO, SIGAMOS SU ORBITAR

Gómez-Valdés José¹, Torres Héctor S.², Pérez-Corona Yuritzy¹, Cabrera Carlos¹ y Miranda Luis Erasmo¹

¹División de Oceanología, CICESE

²Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology
jgomez@cicese.mx

El objetivo de la misión TOPEX/Poseidon de la NASA fue registrar, de manera continua, la altura de la superficie del océano a nivel global. Desde su inicio el 10 de agosto de 1992, esta misión marcó un hito en la historia de la oceanografía, proporcionando el registro de esta variable esencial para el estudio de la circulación oceánica durante más de 30 años. En 2002, el renombrado oceanógrafo Walter H. Munk (1917-2019) describió a TOPEX/Poseidon como el experimento oceanográfico más exitoso de todos los tiempos, y con el paso de los años, esta afirmación ha demostrado ser cierta. Las observaciones satelitales de la altura del océano se han convertido en la base de la oceanografía contemporánea, impulsando una auténtica revolución científica. La misión Surface Water and Ocean Topography (SWOT), que comenzó el 15 de diciembre de 2022, continúa con el legado de TOPEX/Poseidon, pero con un avance significativo: la capacidad de medir la altura de las aguas superficiales de océanos, lagos y ríos con una resolución nunca alcanzada. En esta ponencia, compartiremos con la sociedad mexicana lo que nuestro grupo de trabajo conoce sobre el estado del arte de la misión SWOT y haremos una invitación a la comunidad oceanográfica nacional a incorporar la información de esta nueva misión en sus investigaciones.

SE13-5

¿CÓMO NOS PUEDE AYUDAR LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DE LA MISIÓN SEA SURFACE AND OCEAN TOPOGRAPHY (SWOT)?

Cabrera Carlos, Gómez-Valdés José, Pérez-Corona Yuritzy y Miranda Bojorquez Luis Erasmo
División de Oceanología, CICESE
ccabrera@cicese.mx

La inteligencia artificial (A.I., por sus siglas en inglés) se está desarrollando rápidamente y su uso se está diversificando ampliamente, en particular, está siendo empleada en la investigación científica a un ritmo acelerado. En cada disciplina, la A.I. desarrolla un conjunto de herramientas particulares. Por otro lado, la misión Sea Surface and Ocean Topography (SWOT) representa un avance significativo en la capacidad de medir y monitorear las alturas de las aguas superficiales a nivel global. Gracias a su tecnología avanzada, ofrece oportunidades únicas para el estudio detallado de océanos, ríos y lagos, abriendo nuevas fronteras en la investigación científica. El satélite SWOT tiene a bordo un sistema SAR (Synthetic Aperture Radar) interferométrico en banda Ka (KaRIn) con dos antenas, las cuales tienen un barrido de una franja de 120 km y un espacio o hueco de 20 km en la trayectoria del nadir. Este nuevo satélite, a diferencia de sus antecesores, proporciona mediciones con mayor precisión y resolución espacial de las alturas de las aguas superficiales de los océanos, de los ríos y de los lagos, en cada una de las franjas durante su recorrido desde 78 °S hasta 78° N. SWOT alcanza una resolución de 2 km x 2 km, resolviendo mascarar en ríos de hasta 100 m, y para lagos con áreas desde 1 kilómetro cuadrado. Estas características del satélite conducen a nuevas formas de estudio en la oceanografía y la limnología. El objetivo de este trabajo es comunicar técnicas de A.I. que creemos puedan apoyar el uso de datos de SWOT en problemas específicos. Usando las capacidades del satélite, se pueden integrar, por ejemplo, enfoques de visión computacional con A.I. para la detección de estructuras bidimensionales en los cuerpos de agua terrestres. Usaremos ejemplos de cuerpos de agua mexicanos para mostrar el potencial del uso de A.I. en los retos de la misión SWOT.

SE13-6

BAREFOOT OCEANOGRAPHY: ACTIVIDADES PARA LA DIVULGACIÓN DE LAS CIENCIAS OCEANOGRÁFICAS Y ATMOSFÉRICAS

Arias Esquivel Victor Alejandro
División de Oceanología, CICESE
alexarias7114@gmail.com

Barefoot Oceanography desarrolla materiales de divulgación de ciencias oceanográficas y atmosféricas. Se ha propuesto generar material enfocado en el público general para explicar como los procesos físicos asociados al cambio climático interactúan e influyen en el aumento de la temperatura atmosférica, el pH del océano, el ciclo del Carbono y la dispersión de contaminantes incluyendo microplásticos. Se presentará un serie de materiales de divulgación entre ellos un par de libros electrónicos. Uno enfocado en las actividades que conforman la actividad de un oceanógrafo y otro enfocado en la vida de los marineros, pescadores y buzos que laboran en los corrales atuneros del atún aleta azul en Baja California. Además se presentarán infografías disponibles para explicar la formación de tormentas, el intercambio de calor, las corrientes de marea y los flujos turbulentos en la atmósfera y el océano, así como otros procesos oceánicos.

SE13-7

RADAR OCEANOGRÁFICO, CIENCIAS OCEANOGRÁFICAS EN LA RADIO UNIVERSITARIA

Villegas Vicencio Luis Javier¹, Juárez Braulio²,
Castellanos Martínez Sheila³ y Moreno Moreno Von Luis³
¹Facultad de Ciencias Marinas, UABC
²Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC
³UABC Radio
javier.villegas@uabc.edu.mx

La divulgación científica juega un papel importante para acercar el conocimiento científico al público no experto. Su objetivo es promover el pensamiento crítico y construir sociedades informadas, con conocimientos para tomar decisiones y ser partícipes de los cambios requeridos en su localidad. La radio pública es un medio masivo de comunicación y una herramienta eficaz para acercar el quehacer científico universitario a la sociedad. La estación de radio universitaria de la Universidad Autónoma de Baja California, UABC Radio, ofrece una programación continua las 24 horas del día a la comunidad universitaria y público general en Mexicali y Ensenada. Su contenido fomenta el conocimiento y apreciación en campos tan diversos como las artes, tecnología, humanidades y ciencias. En agosto de 2024, el programa Radar Oceanográfico comenzó su novena temporada; un programa semanal, emitido a través de UABC Radio, conducido por los tres primeros autores y producido por el último autor de este trabajo. Radar Oceanográfico es un programa centrado en las ciencias marinas y ambientales, que invita al diálogo con expertos sobre temas críticos como la contaminación marina, los efectos del oleaje costero, fenómenos

climáticos como El Niño y La Niña, entre otros. También, propicia la participación social mediante charlas de carácter científico oceanográfico aplicado a actividades de recreación como la práctica de surf y vela, integrando así a distintos sectores de la sociedad como divulgadores científicos. 'Radar Oceanográfico' extiende su alcance más allá de las ondas radiales mediante un podcast disponible en la página web <https://radio.uabc.mx/radar-oceanografico>, con la premisa de mantener la divulgación científica accesible para todos. En este trabajo presentamos contenido diverso que toca 'Radar Oceanográfico', destacando que el programa incide más allá de las geociencias ya que también aborda las ciencias del mar desde el punto de vista físico, químico, biológico y sus interacciones; con una perspectiva científica y social. Por tanto, ofrece a la audiencia herramientas para desarrollarse como una ciudadanía informada que haga uso de los recursos marinos sin olvidar apreciar al mar, y ocuparse de su cuidado y conservación.

SE13-8

ENTRE EL SUELO Y EL CIELO: INTERACTÚAN LA CIENCIA, LA ESTÉTICA Y LA POESÍA

López Espinoza Erika Danaé¹, Krieger Peter² y Prado Pano Blanca Lucía³
¹Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
²Instituto de Investigaciones Estéticas, UNAM
³Programa Universitario de Estudios Interdisciplinarios del Suelo, UNAM
danae@atmosfera.unam.mx

El objetivo del proyecto fue crear una exposición fotográfica para divulgar a las geociencias a través de una perspectiva estética, científica y poética. Diecinueve fotografías muestran instantes capturados relacionados con los tipos de nubes, ondas de calor, impacto de la urbanización, nivel del mar, tormenta severa, nubes subacuáticas, morfología vegetal, infiltración, etc, con el fin de capturar la atención del espectador mediante la imagen y atraerlo a la lectura de la explicación científica detrás de la estética de esa fotografía. Además, el complemento de cada obra es una poesía inspirada en la fotografía. El proyecto se desarrolló en dos etapas: la primera con una inauguración de la exposición fotográfica en el marco del Día Internacional de la Tierra, dentro de la segunda edición del Festival de la Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra (ENCiT) y una segunda etapa como muestra fotográfica itinerante que se encuentra visitando diferentes dependencias de la UNAM.

Sesión especial

AVANCES EN MONITOREO AMBIENTAL BASADOS EN PLATAFORMAS ELECTRÓNICAS, HARDWARE Y SOFTWARE DE CÓDIGO ABIERTO

Organizadores

Luis Arturo Méndez Barroso
Ian Mateo Sosa Tinoco
Agustín Robles Morúa
Luis Adrian Castro Quiroa

SE14-1

IMPUTACIÓN DE DATOS AUSENTES EN SERIES DE TIEMPO METEOROLÓGICAS MEDIANTE EL ALGORITMO KNN

Espinosa Fernández Estefanía, Vázquez Báez Víctor
Manuel, Yáñez Pérez Gabriela y Guevara Aguilar Ana Karen
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, FI-BUAP
estefania.espinosa@alumno.buap.mx

Siendo el análisis de recursos hídricos un tema cada vez más importante, la precipitación es un parámetro cuyo estudio es fundamental, este dato es de acceso libre a través de la página web de la Comisión Nacional del Agua y puede consultarse su valor diario en conjuntos organizados por estaciones meteorológicas, pero la mayoría tienen espacios vacíos importantes, lo que puede comprometer la integridad de algunas investigaciones. Como propuesta de solución a este problema, en este trabajo se presenta un algoritmo de Inteligencia Artificial capaz de tratar datos nulos, identificando fechas inexistentes y acomodando los resultantes en una serie de tiempo completa y universalmente comprensible, dado que la salida es un simple archivo de texto en formato .CSV.

SE14-2

PARTICIÓN DEL INTERCAMBIO NETO DEL ECOSISTEMA (NEE) MEDIANTE HERRAMIENTAS SENCILLAS DE REDES NEURONALES PARA ECOSISTEMAS DE MANGLAR

Uuh Sonda Jorge M.¹, Valenzuela Partida Julián¹, Figueroa Espinoza Bernardo²,
Méndez Barroso Luis Arturo¹, Sánchez Mejía Zulía M.¹ y Yépez Enríco A.¹

¹Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON
²Instituto de Ingeniería, UNAM, campus Sisal, Yucatán
jorge.uuh.sonda@gmail.com

La técnica de covarianza de vórtices (Eddy Covariance, en inglés) es de los métodos más empleados en el estudio de flujos verticales en ecosistemas, permitiendo estimar la dinámica temporal del Intercambio Neto de CO₂ del Ecosistema (NEE). Sin embargo, esta técnica no es capaz de medir por separado las componentes que conforman el NEE: la Productividad Primaria Bruta (GPP) y la Respiración del ecosistema (Reco), las cuales son fundamentales para entender los ciclos globales de Carbono. Diversas técnicas se han desarrollado para estimar la GPP, muchas de las cuales emplean sensores remotos ópticos que en ocasiones no satisfacen las resoluciones espaciales o temporales que proporcionan los datos medidos en sitio. Otros métodos tradicionales estiman la Reco a partir de datos de NEE medidos en sitio mediante relaciones funcionales con la temperatura, estos suelen funcionar bien en sitios terrestres, pero fallan en sitios costeros (p.e. manglares), donde los niveles de inundación muestra ser un control de la Reco de igual importancia que la temperatura. En este trabajo se desarrolla un modelo para la estimación de la Reco y posteriormente de la GPP, mediante el empleo de una herramienta sencilla de redes neuronales. Los datos utilizados provienen de dos sitios de manglar, uno en una zona de cuenca de la Península de Yucatán y otro en la costa del Pacífico en el estado de Sonora, donde se cuentan con sistemas de Eddy Covariance. Para la validación de la partición se emplearon datos de percepción remota (provenientes de la plataforma TROPOMI) de Fluorescencia de clorofila Inducida por el Sol (SIF), la cual es una señal emitida durante el proceso fotosintético a nivel molecular, y que ha demostrado ventajas sobre la medición de la productividad con métodos ópticos tradicionales. Las mediciones nocturnas de NEE, que son consideradas como Reco nocturna del ecosistema (a falta de fotosíntesis), son usadas para entrenar la red neuronal y relacionarla a las variables ambientales (medidas en la noche) que muestran ser los principales controles de la respiración: Nivel de Inundación (WL) y Temperatura (T). Posteriormente se emplean las mediciones diurnas de las mismas

variables ambientales para obtener una estimación de la Reco durante las horas de luz, la cual se emplea para finalmente obtener la GPP. Los resultados preliminares muestran una relación razonable entre la GPP estimada con las redes neuronales y la SIF de TROPOMI, lo cual confirma que los modelos basados en redes neuronales son capaces de reproducir la dinámica y variabilidad de la Reco y GPP para sistemas de manglar. Este trabajo muestra una alternativa para la estimación de Reco y GPP en ecosistemas costeros basados en herramientas sencillas de Inteligencia Artificial.

SE14-3

IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA MANCHA URBANA DEL MUNICIPIO DE CUATLANCINGO, PUEBLA, PARA PREDECIR SU CRECIMIENTO MEDIANTE ALGORITMOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Bello Sánchez Pamela Dennys, Martínez Martínez Karla Dayanne, Vázquez Báez Víctor Manuel, Yáñez Pérez Gabriela y Espinosa Fernández Estefanía
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, FI-BUAP
pamela.bello@alumno.buap.mx

El crecimiento urbano es una de las problemáticas que requiere de mayor atención en cualquier Entidad Federativa, Región o País, ya que conlleva diversos desafíos de carácter social, económico, ecológico, etc.; por lo antes expuesto se plantea que a través de algoritmos de Inteligencia Artificial se procesen imágenes satelitales de 10 años anteriores a la fecha consideradas mensualmente del sitio web de USGS para obtener el crecimiento urbano, con estos datos y con ayuda de Redes Neuronales Artificiales predecir dicho crecimiento, ayudando de esta manera a crear planes y políticas públicas de acción que aminoren el impacto del área urbana y coadyuven a la administración y gestión del crecimiento de la misma.

SE14-4

AUTOMATIZACIÓN DE MONITOREO MORFOMÉTRICO DE LA LAGUNA CHASCHOC-SEJÁ, TABASCO CON IMÁGENES SATELITALES A TRAVÉS DE GOOGLE EARTH ENGINE

Camargo Pantoja Oscar Fabian¹, Ramírez Serrato Nelly Lucero², Nieto Butrón Jacob Jesús³, Cortés Silva Alejandra³, Peralta Candelario³, Morales Casique Eric⁴, Hernández Hernández Mario Alberto⁵, Hernández García Guillermo¹, Herrera Zamarrón Graciela¹ y Mendoza Palacios Juan de Dios⁶

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
²Departamento de Recursos Naturales, Instituto de Geofísica, UNAM
³Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad, A.C., Villahermosa, Tabasco, México
⁴Departamento de Dinámica Terrestre Superficial, Instituto de Geología, UNAM
⁵Investigador por México CONAHCYT, Instituto de Geofísica, UNAM
⁶División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
oscarcamargo@comunidad.unam.mx

La dinámica de inundación y el ciclo hidrológico de una zona lagunar son fundamentales para comprender y gestionar sus ecosistemas. Realizar un análisis morfométrico mediante imágenes satelitales permite monitorear y analizar estos cambios de manera precisa y continua. Este enfoque proporciona información valiosa sobre la evolución de la forma y distribución de los cuerpos de agua y la cobertura vegetal, la fluctuación de los niveles de agua y facilita la identificación de áreas vulnerables a inundaciones. Con estos datos, es posible implementar estrategias de manejo sostenible y conservación que protejan la biodiversidad y los recursos hídricos de la región. En este sentido, se presenta un análisis morfométrico mensual de las variaciones estacionales y de inundación en las lagunas de Chaschoc-Sejá y la parte media del río Usumacinta, ubicadas en el municipio de Emiliano Zapata, Tabasco, México. Este sitio es considerado de relevancia para la conservación de la biodiversidad y está catalogado como una

zona de alta susceptibilidad a inundaciones. Para este estudio, se implementó una metodología basada en imágenes satelitales de alta resolución de Planet (RapidEye, 5 m), obtenidas entre enero de 2023 y abril de 2024, así como en técnicas avanzadas de procesamiento de datos. Se utilizó una máscara booleana a partir del Índice Normalizado de Diferencia de Agua (NDWI) y el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), obteniendo así el espejo de agua y la cobertura vegetal mensual. Para este análisis, se utilizó la plataforma Google Earth Engine, que permite automatizar el acceso y procesamiento de múltiples imágenes y bases de datos en tiempo real, provenientes de una vasta colección de imágenes satelitales. Como resultado de este estudio, se obtuvieron mapas mensuales de cobertura y cuerpos de agua que registran la distribución de estos a lo largo de 2023 y 2024. Estos mapas fueron superpuestos para crear un mapa de zonificación de permanencia de agua, que muestra la variación temporal de la inundación. En este, los valores altos se asocian a áreas que han permanecido inundadas por más tiempo, favorecidas por periodos de altas precipitaciones y bajas temperaturas, mientras que los valores bajos representan zonas que permanecieron libres de agua o que fueron inundadas por tiempos cortos, relacionados con periodos de sequía y altas temperaturas. Estos datos proporcionan una visión integral de la dinámica de las lagunas de Chaschoc-Sejá, permitiendo una mejor comprensión de los procesos hidrológicos locales y contribuyendo a la gestión y conservación de sus ecosistemas asociados.

SE14-5

VISUALIZACIÓN DE DATOS Y HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS PARA EL MONITOREO BIOFÍSICO DE ECOSISTEMAS, BASADAS EN SOFTWARE DE CÓDIGO ABIERTO

Coronel Claudia¹, Juárez Abigail², Reyes Lizeth³, Serna Fernanda⁴,
Popoca Pavel E.⁵, Alcudia Alejandro⁶ y Madrigal José Manuel⁷

¹Instituto de Investigaciones Sociales Dr. José María Luis Mora

²Facultad de Ciencias, UNAM

³Universidad Autónoma Chapingo

⁴Centro de Investigación en Matemáticas, A.C.

⁵Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad,

Instituto de Ecología, Unidad Mérida, Campus UNAM Yucatán

⁶Cultivo Land PBC

⁷Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial AC

coronel@institutomora.edu.mx

La visualización de datos para el monitoreo biofísico es fundamental para conocer el estado funcional de los ecosistemas, especialmente ante disturbios como incendios, plagas, sequías y eventos extremos. Además, comprender las estrategias adaptativas de los ecosistemas frente a estos impactos contribuye a identificar oportunidades para una gestión sustentable frente a las amenazas de la variabilidad climática y el cambio climático. Esto se ve facilitado por el uso cada vez más amplio de herramientas y aplicaciones de software libre, que permiten acceder a grandes cantidades de datos sobre procesos biofísicos y variables ambientales de diversas fuentes, así como desarrollar análisis y visualizaciones ad-hoc para optimizar la extracción de información. En este trabajo se presenta un conjunto de herramientas desarrolladas para agilizar la descarga, visualización y análisis de series de tiempo de procesos como la evaporación potencial, la temperatura de superficie, el índice de vegetación mejorado (EVI), la humedad de suelo y la precipitación, a partir de estaciones meteorológicas y sensores remotos. Con estas herramientas es posible extraer patrones de comportamiento de los ecosistemas ante la variabilidad climática, relacionada en parte con sistemas atmosféricos como las fases del ENSO y establecer tendencias de largo plazo relevantes para la gestión de los ecosistemas.

SE14-6

CATAMARÁN A CONTROL REMOTO PARA BATIMETRÍA EN AGUAS SOMERAS

López González José y Rivas Marquez Juan Adolfo

Universidad Nacional Autónoma de México, LIPIC-II-UNAM

jlopezgo@ii.unam.mx

El objetivo del trabajo es desarrollar y evaluar un catamarán a control remoto destinado a realizar batimetría en aguas someras, de menos de un metro de profundidad. El sistema se compone de dos unidades principales: la unidad de potencia y la unidad de sondeo de profundidades, integradas para proporcionar datos precisos y procesables. La unidad de potencia está equipada con electrónica basada en placa Arduino que controlan la velocidad y potencia de dos motores brushless además de un sistema de radio control con un alcance aproximado de 500 metros. Esta configuración permite el manejo eficiente del catamarán y su desplazamiento controlado en las áreas de estudio donde embarcaciones convencionales no pueden navegar. La unidad de sondeo incluye: • Sensores de Posición y Profundidad: Un GPS para Arduino proporciona la ubicación precisa del catamarán, mientras que un sonar de Blue Robotics mide la profundidad del agua a partir de 30 cm de profundidad. • Placa Arduino: Utilizada para el control y la integración de los sensores mencionados, asegurando la recopilación y transmisión de datos precisos. Los componentes electrónicos están integrados para optimizar el impulso del catamarán y la adquisición de datos. La coordinación entre los sistemas de control y los sensores es fundamental para la operación efectiva del catamarán en el entorno de estudio. Adicionalmente, se ha desarrollado una

metodología para procesar los datos recolectados mediante el programa Matlab. Este enfoque permite analizar y visualizar la información batimétrica de manera detallada, facilitando la interpretación de los resultados y la generación de mapas de profundidad precisos. El sistema desarrollado combina tecnología en electrónica y sensores con un enfoque innovador en el procesamiento de datos, proporcionando una herramienta de bajo costo y eficiente para la realización de batimetría en aguas someras. La integración de la unidad de potencia con la unidad de sondeo, junto con la metodología de procesamiento en Matlab, permite obtener datos detallados y precisos, mejorando la capacidad para mapear y analizar cuerpos de agua con profundidades menores a un metro.

SE14-7

SISTEMA DE MONITOREO EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Rivas Marquez Juan Adolfo, Arcega Cabrera Flor,
Ocegüera Vargas Ismael Alberto y Lamas Cosío Elizabeth

Universidad Nacional Autónoma de México

rivas.jarm27@gmail.com

El agua subterránea es un recurso vital que proporciona agua potable a millones de personas que viven en las regiones costeras (Ferguson and Gleeson, 2012). Solo en México cerca del 37% del agua utilizada proviene de esta fuente (CONAGUA, 2020). En la península de Yucatán no hay cuerpos de agua superficial como resultado del elevado grado de karsticidad de la roca caliza, por ello el agua subterránea es la única fuente de agua para asentamientos y actividades humanas. Una característica relevante generada por la karsticidad son los cenotes, que son básicamente cavidades subterráneas que contienen agua y que son la representación superficial del acuífero. Los cenotes son vulnerables a la contaminación y son utilizados para abastecimiento de agua humana y animal, uso recreativo, pero también tristemente como basureros y/o sumideros (Arcega-Cabrera et al., 2014, 2021, 2023). Debido a esto es de vital importancia mantenerlos bajo observación. Para ello han surgido diversos métodos de monitoreo, uno de ellos suele ser el muestreo de agua para el análisis de variables físicas y químicas, el cual, a pesar de ser un método confiable, resulta ser costoso y no permite generar una serie de tiempo que permita identificar las variaciones que puedan estar relacionadas con aportes antropogénicos. Es por ello que ha surgido la iniciativa de crear un sistema de monitoreo en tiempo real capaz de mantener en constante observación estos cuerpos de agua, este instrumento consiste en una estación con capacidad de enviar información en tiempo real a través de señal 3G, esta última contiene un sistema energético compuesto de un panel solar y una batería lo cual permite funcionar de manera autónoma y suministrar energía a una sonda multiparamétrica de bajo costo (open-source), la cual tiene la facultad de sumergirse completamente y enviar información de variables como sólidos totales disueltos, potencial de oxidoreducción, pH, conductividad eléctrica, presión, entre otras, y a las cuales se les realiza la calibración y validación bajo un estricto control analítico en laboratorio. Este equipo además de ahorrar costos de operación, nos podrá brindar información en tiempo real con elevada resolución. Esta información podrá ser observada a través de un portal Web de dominio público, el cual podrá brindar información clave y precisa a cualquier usuario, promoviendo así el interés por el estado de salud de este tipo de cuerpos de agua, así como comenzar a generar bases de datos relevantes para entender el comportamiento químico y físico de largo término del agua subterránea en Yucatán.

SE14-8

UNA REVISIÓN DE LAS REDES METEOROLÓGICAS REGIONALES E INTERNACIONALES QUE OFRECEN SENSORES DE HUMEDAD DEL SUELO Y UNA REVISIÓN DE LA METODOLOGÍA ANALÍTICA

Caceres Fabio y Bellingham Keith

Stevens Water

fcaceres@stevenswater.com

La humedad del suelo es un factor significativo en los ciclos hidrológicos de la tierra que influye el clima, el estado del tiempo, las sequías, y la disponibilidad de los recursos hídricos en los suelos y en los cuerpos de agua. Sin embargo, durante la mayor parte del siglo XX, la humedad del suelo recibió menos atención y no se incluyó en muchos estudios hidrológicos. Luego, en 1978, J. W. Deardorff con el Centro Nacional de Investigación Atmosférica de los Estados Unidos NSF (en inglés, National Center for Atmospheric Research) comenzó a demostrar la relación entre la humedad del suelo y las condiciones meteorológicas y, dos años más tarde, en 1980, G. C. Topp en la Universidad de Toronto desarrolló la Ecuación de Topp, la primera calibración empírica para la humedad del suelo utilizando el método de Reflectometría de Dominio Temporal conocido como TDR (en inglés, Time Domain Reflectometry). Además, ese mismo año, M. T. van Genuchten publicó la Ecuación de van Genuchten, donde estableció una relación numérica entre la humedad del suelo y la carga hidrológica no saturada. A partir de la década de 1990, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos USDA (en inglés, United States Department of Agriculture) comenzó a utilizar tecnología y sensores de humedad del suelo basada en impedancia para pronósticos de suministro de agua a escala de cuenca, equipando los sitios SNOTEL o Snowpack Telemetry, que es una red de estaciones meteorológicas automatizadas que recopilan datos sobre la nieve, las

precipitaciones y otras condiciones climáticas en el oeste de los Estados Unidos. Desde entonces, han surgido numerosas redes meteorológicas regionales a gran escala en todo el mundo que incorporan sensores de humedad del suelo, a menudo denominados "MESONETS" que son redes de estaciones a meso escala, y hoy es la humedad del suelo es un elemento clave en mediciones a nivel de gran parte de las redes de medición Hidrológicas y Meteorológicas. Actualmente, en los Estados Unidos hay alrededor de 27 redes meteorológicas regionales importantes que tienen sensores de humedad del suelo. Hay un total de 1.880 estaciones con más de 7.300 profundidades de humedad del suelo entre las 27 redes. Entre el 60% al 70% de los 7.300 sensores de suelo son una tecnología de reflectometría de impedancia coaxial llamada HydraProbe fabricada por Stevens Water Monitoring Systems, Inc. con sede en Portland, Oregón, EE. UU.

SE14-9

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO ATMOSFÉRICO BASADO EN ESP32 CON MICROPYTHON Y UN SERVIDOR CON NODE.JS

Robles Roldan Miguel Angel, González del Castillo Eugenia y López Anton Omar
Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
miguel.robles@atmosfera.unam.mx

La alta integración de los circuitos electrónicos ha permitido la generación de diversos dispositivos de tamaño reducido y de bajo costo. Entre estos dispositivos, actualmente gozan de gran popularidad las plataformas de desarrollo como Arduino, Raspberry Pi y más recientemente las ESP32, así como diversos sensores compatibles con dichas plataformas. En el presente trabajo se realizó la integración de algunos de estos dispositivos para el desarrollo de un sistema propio que permite medir material particulado y algunas variables meteorológicas básicas. Los elementos principales del sistema desarrollado son: una tarjeta ESP32 como unidad de procesamiento; el multi sensor (Temperatura, humedad y presión) BME280 y el sensor de material particulado SPS30 como elementos de medición; y de manera complementaria una API basada en Node.js de desarrollo propio que permite la recepción y publicación de datos de múltiples dispositivos por medio de internet. Adicionalmente se diseñó un abrigo meteorológico que protege los sistemas electrónicos mientras permite una buena ventilación. Como resultado se obtuvo un sistema de bajo costo, de diseño propio, adaptable y expandible que permitirá conformar una red con elementos de bajo costo para medir diversas variables atmosféricas.

SE14-10

PROTOTIPO DE VEHÍCULO NO TRIPULADO TIPO ROVER INTEGRADO EN REDES LPWAN PARA EL MONITOREO AMBIENTAL EN ÁREAS DE DIFÍCIL ACCESO

Pablo-Sotelo A. de J.¹, Ramírez López Fabián¹, Ávila-Gutiérrez Jesús Daniel¹, Olvera-Alvarado Abigail¹, Ramírez-Luna Mauricio¹, Yañez-Casas Gabriela Aurora¹ y Hernández Gómez Jorge Javier²

¹Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas, UPIITA IPN

²Centro de Desarrollo Aeroespacial, Instituto Politécnico Nacional
apablos1800@alumno.ipn.mx

Este trabajo presenta un prototipo el cual integra un sistema monitoreo ambiental diseñado específicamente para regiones volcánicas y montañosas de México, que combina la eficiencia de las redes LPWAN (Low Power Wide Area Network) con la versatilidad de vehículos móviles tipo rover de bajo costo. Esta solución aborda los desafíos asociados con la recopilación de datos en áreas de difícil acceso. El sistema se compone de dos elementos principales: una red de sensores de baja potencia basados en tecnología LPWAN y un vehículo autónomo de bajo consumo energético. Los nodos LPWAN, energéticamente eficientes, recopilan datos críticos sobre variables vulcanológicas como temperatura, presión, concentración de gases y actividad sísmica. Estos nodos transmiten información a largas distancias con un consumo mínimo de energía, permitiendo una cobertura extensa y un monitoreo continuo. Como complemento para esta red, los rovers de diseño simple y asequible están equipados para navegar terrenos accidentados y recopilar datos en áreas inaccesibles para los sensores fijos. Su construcción con materiales de bajo costo y su diseño ligero y compacto facilitan el transporte, despliegue y reproducción, permitiendo la implementación de una red de monitoreo densa y extensa sin requerir una inversión significativa. El sistema es ideal para aplicaciones en investigación científica donde la rapidez y eficiencia en la implementación son cruciales, además de ser económicamente viable para una amplia gama de centros de investigación.

SE14-11

MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE CON ESTACIONES DE MONITOREO GEO AMBIENTAL (EMGA): REGISTRO DEL AUMENTO DE PM2.5 DURANTE LAS CELEBRACIONES DE NAVIDAD Y AÑO NUEVO EN LA CIUDAD DE QUERÉTARO, MÉXICO

Rodríguez Trejo Alejandro¹, Böhnel Harald¹, Ibarra Ortega Héctor Enrique¹, Salcedo Dara², González Guzmán Reneé³, Castañeda Miranda Ana Gabriela⁴, Sánchez Ramos Luis Enrique⁵, Chaparro Mauro A. E.⁶ y Chaparro Marcos A. E.⁷

¹Laboratorio de Paleomagnetismo y Magnetismo de Rocas, Instituto de Geociencias, UNAM

²Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias, UNAM

³Departamento de Geología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

⁴Posgrado en Ingeniería para la Innovación Tecnológica, Unidad

Académica de Ingeniería Eléctrica, Universidad Autónoma de Zacatecas

⁵Instituto de Geociencias, UNAM

⁶Centro Marplatense de Investigaciones Matemáticas (CEMIM, UNMDP-CIC, CONICET), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP)

⁷Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Provincia de Buenos Aires (CIFICEN), UNCPBA-CIPBA-CONICET, Pinto 399, Tandil 7000, Argentina

alexrt@geociencias.unam.mx

Las altas concentraciones de material particulado (PM) en la atmósfera tienen efectos adversos sobre el medio ambiente, la salud humana y la biodiversidad urbana y faunística. Eventos de corta duración, como la quema de fuegos artificiales, atribuibles a actividades humanas, provocan un aumento significativo y rápido en los niveles de PM en el aire. En este estudio, se presentan los resultados derivados de observaciones realizadas con sensores de PM de bajo costo, implementados como parte de la Red de Monitoreo Ambiental en Querétaro, México. Estos sensores emplean el dispositivo Estaciones de Monitoreo Geoambiental (EMGA), desarrollado por el Instituto de Geociencias de la UNAM. El período de observación abarcó desde el 10 de diciembre de 2023 hasta el 10 de enero de 2024, incluyendo las festividades de Navidad y Año Nuevo. Durante este período, se analizaron las concentraciones de PM2.5 y se compararon con un período similar que transcurrió del 10 de febrero de 2024 al 10 de marzo de 2024, considerado como un período de actividad habitual en la región. Los resultados evidencian dos incrementos significativos en las concentraciones de PM2.5, que variaron de menos de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a más de 340 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, tanto en términos de distribución temporal como espacial durante el período festivo. Se observaron aumentos notables en las concentraciones de PM2.5, especialmente durante los días festivos, con períodos prolongados de hasta 6 horas con niveles elevados. Esta investigación ofrece una visión exhaustiva sobre los efectos, las tendencias y la distribución espacio-temporal de los contaminantes en la ciudad de Querétaro, proporcionando una referencia valiosa para la evaluación de la calidad del aire en otras ciudades a nivel global.

SE14-12

H-ARMONIA: PROTOTIPO DE MONITOREO AMBIENTAL A PARTIR DE MICROSENSORES EN EL HUMEDAL ARTIFICIAL DE LA ENCIT

Marín Rodríguez Meztili Yoalli, Nájera Espinosa Benjamín y Mejía Luna Isabel
Universidad Nacional Autónoma de México
yoalli.mar@outlook.com

Una alternativa de monitoreo de fácil implementación y bajo costo es el diseño de sistemas con microsensors portátiles de nueva generación, que son compatibles con la programación en tiempo real a través de la WEB 2.0. El control y monitoreo de parámetros de calidad del agua por tratamiento del humedal artificial implementado en la ENCIT da un ejemplo del potencial a escala de sistemas de recuperación de aguas residuales, con fundamento en la normatividad vigente para México y que se estima aceptable; para el tratamiento de aguas con descargas urbanas. El prototipo denominado H-ARMONIA, por sus siglas: H (humedal) AR (arduino) para MO (monitoreo) de NI (nitrógeno) A (Ambiental), permite dar seguimiento a ciertos parámetros fisicoquímicos, que alertan sobre las condiciones óptimas alcanzadas para el proyecto del Humedal Artificial de la ENCIT en la recuperación de aguas de origen hidrosanitario. El proyecto H-Armonía vincula la innovación, la docencia y la investigación, en el marco de sostenibilidad que se promueve en la máxima casa de estudios. La propuesta establece la captura de datos en el flujo de descarga de las aguas que han pasado por un tratamiento de remediación biológica y que concluyen con un proceso de aguas residuales cuyos valores se ubican dentro de las normas oficiales mexicanas para uso de riego enriquecido con compuestos nitrogenados en baja concentración. El uso de plataformas de acceso libre, sensores de bajo costo y el diseño por aplicaciones tecnológicas permiten un sistema de medición de variables asociadas con las condiciones óptimas del Humedal Artificial de la ENCIT. Su uso e implementación vinculan las oportunidades de área de trabajo multidisciplinario entre geofísicos, ingenieros en electrónica y biólogos, en la estructura de un sistema vivo, con ventajas en su diseño de origen al recuperar y evaluar la calidad de aguas residuales tratadas.

SE14-13 CARTEL

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARTICULAS DE POLVO PM2.5 Y PM10 EN UN ENTORNO URBANO SEMIÁRIDO

Corral Quintanar Alvaro Martín, Méndez Barroso Luis
Arturo, Robles Morúa Agustín y Sosa Tinoco Ian
Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON
newsources74@outlook.com

El particulado de polvo es un parámetro de alta relevancia en las zonas urbanas dado su relación con distintas enfermedades respiratorias, por lo tanto, es importante observar que estos niveles se encuentren dentro un rango óptimo para el bienestar de sus habitantes. Por este motivo, los asentamientos urbanos surgen como puntos críticos para el monitoreo de parámetros ambientales asentando las bases para el monitoreo ambiental urbano y la ciencia ciudadana. Con la emergencia de nuevas tecnologías de código abierto, es posible desarrollar sistemas de monitoreo fiables con una excelente relación precio-desempeño. El objetivo del estudio se centra en evaluar el desempeño de distintos sensores de particulado de polvo de línea de entrada bajo condiciones de intemperie. Para esto, se estableció un sistema de monitoreo donde se realizaron mediciones continuas durante un lapso de 6 meses (mayo 2020 a enero 2021). El sistema consistió en sensores para medición de polvo particulado Pms5003, Shinyei PPD42NS y SM-PWM-01C (3 unidades de cada modelo) integrados a una placa Arduino con módulo Wifi para la colección y envío de los datos a un documento en formato tabular dentro de la plataforma Google drive. Los resultados preliminares indican que el modelo SM-PWM-01C tuvo que ser descartado debido a su mal funcionamiento e inestabilidad, en consecuencia, muy pocos datos continuos. Por otro lado, el sensor Pms5003 mostro datos con poca variabilidad entre sus réplicas y un excelente funcionamiento al aire libre. Por último, el sensor Shinyei PPD42NS mostró una variación considerable entre sus réplicas y un comportamiento regular bajo condiciones de intemperie, sobre todo, en condiciones extremas de calor y humedad durante el verano. Los resultados de este estudio son de gran importancia para futuros proyectos de monitoreo de polvo particulado pm2.5 y pm10 dado su importancia para la salud de lo habitantes de zonas urbanas.

SE14-14 CARTEL

SISTEMA DE MONITOREO DE MAREAS DE BAJO COSTO EN EL PUERTO DE SISAL, YUCATÁN

Rivas Marquez Juan Adolfo y López González José
Universidad Nacional Autónoma de México, LIPIC-II-UNAM
rivas.jarm27@gmail.com

Los mareógrafos son instrumentos esenciales para medir y registrar las variaciones del nivel del mar a lo largo del tiempo. Desempeñan un papel crucial en diversos campos, incluyendo la oceanografía, la meteorología y la gestión de recursos costeros. Sin embargo, los mareógrafos tradicionales suelen ser costosos debido a varios factores requieren tecnología avanzada para asegurar mediciones precisas y confiables en condiciones ambientales adversas y variables por lo cual, los instrumentos deben ser suficientemente robustos para resistir las condiciones extremas del sitio. Estos instrumentos necesitan mantenimiento regular y calibración para garantizar su precisión, lo que añade costos adicionales debido a que se encuentran generalmente en zonas aisladas. Debido a lo anterior, la instalación de mareógrafos en ubicaciones costeras puede implicar desafíos logísticos y costos asociados con la infraestructura necesaria para soportar el equipo. Es por ello que se ha integrado un equipo de bajo costo y código abierto capaz de realizar las mismas operaciones que un mareógrafo de alta gama, añadiendo la facultad de transmitir la información en tiempo real. El sistema consta una placa arduino, un sensor ultrasónico resistente al agua, acompañado de un sistema de comunicación open-source de señal 3G. Esta tecnología se implemento en el mismo sitio que un mareógrafo de alta gama con el fin de comparar y calibrar los datos enviados por el sistema de bajo costo con respecto al equipo de alta gama. Esta tecnología surge como una alternativa que permita monitorear el nivel del mar, especialmente en áreas con recursos limitado y con ello fomentar la innovación local en el desarrollo de sensores que pueda generar soluciones adaptadas a las necesidades específicas de cada región y reducir la dependencia de tecnología importada.

SE14-15 CARTEL

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO URBANO MEDIANTE PLATAFORMAS DE HARDWARE LIBRE E INSTRUMENTACIÓN DE VANGUARDIA PARA SU APLICACIÓN EN CIENCIA CIUDADANA

Ortega Blanco Christian Aaron, Méndez Barroso Luis
Arturo, Robles Morúa Agustín y Sosa Tinoco Ian
Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON
christomajuro@hotmail.com

La creciente preocupación por la calidad ambiental en áreas urbanas ha impulsado el desarrollo de sistemas de monitoreo ciudadano, los cuales permiten la recopilación de datos ambientales y contribuyen a la toma de decisiones informadas. El objetivo de este proyecto es desarrollar sistemas de monitoreo ambiental de alta tecnología y de costos accesibles que puedan ser replicados y adaptados a diferentes zonas

urbanas. Las sondas del sistema de monitoreo constan de un piranómetro con fotodiodo BPW34 en configuración fotoconductora, un sensor SHT45 para la medición de humedad relativa y temperatura del aire, y un sensor ML8511 para la banda ultravioleta. Para la recolección de datos e integración de los sensores, se emplearon placas de desarrollo ESP32 con funcionalidad IoT. Previo a su instalación, se evaluó el desempeño y calibración de los sensores en laboratorio. La selección de los sitios de instalación de las sondas se basó en mapas térmicos de alta resolución de dos planteles universitarios tomando en cuenta como criterio de selección la dinámica termica de la cobertura de la superficie. Los datos recolectados fueron almacenados remotamente en un servidor de Google Drive gracias a la integración IoT, para luego ser visualizados en tiempo real y de forma gráfica en una página web de acceso público. Resultados preliminares muestran diferencias de hasta cinco grados centígrados entre los sitios con un alto grado de urbanización (superficies impermeables) y aquellos donde existe una alta fracción de vegetación. Adicionalmente, se comprobó la funcionalidad de los dispositivos ante las condiciones climáticas de la región llegando a operar incluso en condiciones extremas de temperatura y humedad durante el periodo de observación. Este trabajo busca empoderar a científicos y comunidades para recopilar datos precisos y relevantes sobre su entorno, promoviendo así la investigación a escala urbana y la toma de decisiones basadas en datos y observaciones. Asimismo, se abre la posibilidad de desarrollar plataformas de hardware libre para facilitar el acceso a tecnologías de vanguardia en proyectos urbanos que requieran un elevado número de puntos de monitoreo.

SE14-16 CARTEL

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE CÁMARA DE CIELO PARA PRONÓSTICOS DE NOWCASTING EN PLANTAS FOTOVOLTAICAS

Corral Kotry Michel Manuel, Suzuki Valenzuela Mario Francisco y Sosa Tinoco Ian Mateo
Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON
michel.corral248399@potros.itson.edu.mx

El crecimiento de las energías renovables intermitentes en los últimos años ha permitido reducir el impacto negativo de la utilización de energía eléctrica en todo el planeta. Sin embargo, el crecimiento de este tipo de energías ha generado problemas de estabilidad y suministro en las redes eléctricas de transmisión. Esto ha traído consigo restricciones (curtailment) en las plantas fotovoltaicas (PFV) o parques eólicos debido a la incertidumbre de la potencia esperada cuando se presentan fenómenos meteorológicos inesperados (nubes o cambios de patrones de viento). Para disminuir la incertidumbre se desarrolló un sistema de cámara de cielo para pronósticos de muy corto plazo (nowcasting). El sistema utiliza como herramienta principal de monitoreo, procesamiento y transmisión de datos, un microcontrolador tipo ESP-32 CAM. Asimismo, el sistema utiliza un espejo convexo de 360°, utilizado normalmente para seguridad, y una estructura metálica manufacturada por alumnos de este instituto. El principio del sistema consiste en monitorear el cielo y determinar e identificar las nubes circundantes a la PFV. Una vez identificadas se genera un polígono de estas nubes y se plantea un centroide del polígono. Al avanzar el centroide en el tiempo se determina la velocidad de la nube y se calculará cuando bloqueará al sol. Este sistema ha tenido resultados adecuados, permitiendo pronosticar cambios en la producción de energía hasta con 20 minutos en adelante, dependiendo de la velocidad de las nubes. Estos tiempos permitirían hacer adecuaciones en las PFVs o, si es el caso, preparar los bancos de baterías para suplir la energía necesaria.

SE14-17 CARTEL

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLATAFORMA DE MONITOREO AUTOMATIZADO PARA LA DETECCIÓN DE DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN LA ZONA DE LA SONDA DE CAMPECHE EN EL GOLFO DE MÉXICO

Suárez Améndola Manuel Arturo¹, Hasimoto Beltrán Rogelio¹,
Díaz Méndez Guillermo M.² y Ocampo Torres Francisco J.²

¹Centro de Investigación en Matemáticas, CIMAT

²CICESE

manuel.suarez@imat.mx

La extracción y transporte de hidrocarburos es una actividad económica muy importante para el desarrollo de un país, sin embargo las consecuencias ambientales y económicas que se producen a partir de los derrames no controlados presentan serios problemas económicos y ambientales y por tanto retos muy importantes en el manejo y tratamiento del derrame. La presencia de hidrocarburo en el océano puede presentar consecuencias ambientales muy graves tanto para los ecosistemas marinos como terrestres. En la actualidad las plataformas de sensado remoto como las disponibles en los satélites con sensores de radar de apertura sintética ofrecen la oportunidad de realizar un monitoreo constante gracias a su resolución temporal y espacial ofreciendo la oportunidad de utilizar los diversos productos para el análisis de la superficie del océano. Debido a ello la importancia de contar con plataformas de monitoreo constante que hagan uso de la información de los sensores remotos se hace presente y con ello cobra particular importancia un eficaz diseño e implementación del uso de estos productos. Con base en lo anterior en este trabajo presentamos el diseño e implementación de una plataforma de monitoreo automatizado utilizando software de código abierto integrando para ello diferentes tecnologías desde la descarga automatizada de las imágenes del

radar (satélite Sentinel-1) hasta su procesamiento en un entorno distribuido para asegurar la operatividad de la plataforma y su eficiencia en un entorno de operación continuo. La operación de la plataforma consiste en la implementación de un flujo de datos que integra diferentes pasos desde el uso de bibliotecas de código fuente para la obtención de los productos, el almacenamiento del mismo y el uso de redes neuronales de aprendizaje profundo con diferentes modelos de evaluación en un entorno de operación distribuido para una detección eficiente y continua de potenciales manchas de hidrocarburos, este sistema puede configurarse para la emisión de diferentes niveles de alertas dependiendo del grado de incertidumbre obtenido en la segmentación de los potenciales derrames. Este sistema está diseñado con un particular énfasis para el monitoreo del Golfo de México sin embargo puede extenderse a diferentes entornos de operación definiendo para ello diferentes regiones para su monitoreo.

SE14-18 CARTEL

DISEÑO Y DESARROLLO DE MÓDULO DE ADQUISICIÓN DE VARIABLES VULCANOLÓGICAS BASADO EN SISTEMAS DE RED DE BAJA POTENCIA

Ramírez-López Fabián¹, Olvera-Alvarado Abigail¹, Yáñez-Casas Gabriela Aurora¹ y Hernández Gómez Jorge Javier²

¹Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas, UPIITA IPN

²Centro de Desarrollo Aeroespacial, Instituto Politécnico Nacional

framirez11900@alumno.ipn.mx

En vulcanología, el monitoreo de la actividad volcánica in situ enfrenta desafíos significativos, ya que requiere el desarrollo e implementación instrumentos capaces de medir con precisión y fiabilidad variables como la deformación del terreno, emisiones de gases y cambios térmicos, entre otros, en entornos hostiles y remotos. No obstante, la instalación de estaciones de monitoreo fijas puede ser costosa y limitada en términos de cobertura geográfica así como en la extracción de datos en tiempo real. En el presente trabajo se desarrolla una plataforma electrónica de baja potencia operativa y de transmisión, que busca ser accesible y de bajo costo para la adquisición de variables vulcanológicas, como temperatura, presión, gases y de entorno dinámico. El diseño propuesto es compatible con redes de área local de baja potencia de enlace, lo que permite a futuro implementar una red de nodos similares que pueden cubrir una amplia región de sensado, facilitando la detección temprana de cambios en la actividad volcánica. El prototipo es diseñado para ser energéticamente eficiente, con un consumo de energía mínimo, lo que permite una operación prolongada en campo.

SE14-19 CARTEL

INTEGRACIÓN DE UN MÓDULO GENÉRICO GPS DE BAJA COSTO CON UN PERFILADOR SÓNICO DE ALTA GAMA PARA LA GENERACIÓN DE DATOS ROBUSTOS DE BATIMETRÍA

Ortega Blanco Christian Aaron, Corral Quintanar Alvaro y Méndez-Barroso Luis Arturo

Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

christomajuro@hotmail.com

La batimetría es la medición de la profundidad del fondo de un cuerpo de agua. Esta medición nos permite obtener información muy detallada sobre la forma y estructura de su lecho, así como, su estructura geológica o geomorfológica y es la base para la realización de numerosos análisis. Actualmente, existen diversos equipos que permiten obtener batimetría de manera robusta a un precio relativamente accesible. Sin embargo, algunos usuarios cuentan con equipos que utilizan la técnica ecosonda multihaz de alta gama (alta precisión), los cuales, son más costosos y requieren de la compra adicional del equipo de GPS diferencial, lo que eleva el precio del sistema. Con el desarrollo de los sistemas de navegación autónomo, se ha logrado un gran avance en la miniaturización de estos sistemas, por lo tanto, el objetivo de este trabajo es realizar la integración de un módulo compacto de GPS con un perfilador sónico multihaz de alta gama para generar batimetría en forma robusta en diversos cuerpos de agua. Para esta integración, se realizó la comunicación entre un módulo de GPS para Arduino (NEO-6MS) con un perfilador acústico de alto desempeño (YSI RiverSurveyor M9). Los resultados preliminares muestran un buen desempeño del equipo en campo y una buena representación de la topografía del fondo de un cuerpo de agua. Finalmente, el protocolo de integración desarrollado en este trabajo permitirá a los usuarios que cuentan con equipo de ecosondas de alta gama sin datos de geolocalización, puedan generar información puntual de profundidad con sus correspondientes coordenadas geográficas.

SE14-20 CARTEL

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN VEHÍCULO SEMI-AUTÓNOMO DE BAJA COSTO PARA EXPLORACIÓN Y MONITOREO EN ZONAS DE DIFÍCIL ACCESO

Ávila-Gutiérrez Jesús Daniel¹, Olvera-Alvarado Abigail¹, Ramírez-Luna Mauricio¹, Pablo-Sotelo Abraham de Jesús¹, Yáñez-Casas Gabriela¹ y Hernández Gómez Jorge Javier²

¹Instituto Politécnico Nacional, UPIITA

²Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo Aeroespacial
daniel.avilagt@gmail.com

Una de las mayores dificultades en investigación en Ciencias de la Tierra, y en particular en el área de la interfaz tierra sólida-atmósfera, es la adquisición de datos en tiempo real, considerando que en muchos casos las regiones de interés son zonas de difícil acceso, y por lo tanto, es complejo y costoso desplegar infraestructura local para la adquisición de dichos datos. Múltiples factores inherentes a estas zonas, tales como la escarpada topografía, la inaccesibilidad de ciertas regiones y las condiciones climáticas adversas, dificultan en sobremanera la ejecución de estudios sistemáticos. En este trabajo se presenta como posible solución el desarrollo de un vehículo móvil diseñado específicamente para exploración y monitoreo en dichas zonas de difícil acceso. Este vehículo se encuentra diseñado con una visión de accesibilidad y practicidad, con un enfoque de materiales de bajo costo y facilidad de implementación, que pueda ser reproducido en ambientes urbanos en países en vías de desarrollo.

SE14-21 CARTEL

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MUESTREO SEMIAUTOMÁTICO PARA LA CUANTIFICACIÓN DE CARBONILOS EN AIRE

López Anton Omar A.¹, Ramos Isael Emiliano² y Andraca Ayala Gema L.¹

¹Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

²Ingeniería Química, Facultad de Química, UNAM

omar.lopez@atmosfera.unam.mx

Los carbonilos (aldehídos y cetonas) son contaminantes tóxicos gaseosos del grupo de los compuestos orgánicos volátiles (COV), cuyo monitoreo en aire interior y exterior es de suma importancia, debido a que la exposición a los mismos puede ocasionar afectaciones a la salud humana, que van desde irritación pasajera en mucosas hasta cáncer, dependiendo del grado y tiempo de exposición. Los carbonilos son emitidos durante la quema de combustibles y biomasa, por emisiones vehiculares e industriales, y por el uso de pinturas, perfumes, productos de limpieza, entre otros. Estas sustancias son además precursoras de ozono y su caracterización resulta útil en la determinación del perfil horario de dicho contaminante, por lo que su presencia y abundancia en el aire debe ser reconocida y evaluada como parte de cualquier programa de monitoreo de la calidad del aire. El muestreo de carbonilos en aire se realiza habitualmente forzando el paso de aire a través de un cartucho impregnado de 2,4-Dinitrofenilhidrazina (DNPH) durante un periodo de 1 h con 20 min. Los carbonilos se acumulan dentro del cartucho en forma de hidrazonas derivadas estables, que posteriormente son analizadas mediante cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC) acoplado a un detector de UV-Vis. La ventaja del SMCA desarrollado es que comprende un conjunto de seis cartuchos, lo que permite el muestreo continuo hasta por ocho horas sin requerir el reemplazo manual de los cartuchos, bajo condiciones de flujo controlado. El SMCA está compuesto por un subsistema neumático que incluye dos mini-bombas de vacío conectadas en paralelo, que funcionan por turnos succionando aire ambiental, y que derivan aire a cada una de seis líneas de conducción. En cada línea se sitúa en serie una válvula solenoide de entrada, un cartucho de captura y una válvula solenoide de salida. Los conductos se unen en una línea común que pasa por un sensor de flujo, un rotámetro y un filtro de KI. El par de válvulas en cada línea se abre simultáneamente para permitir la acumulación de carbonilos en el cartucho, mientras las líneas restantes permanecen cerradas; la activación secuencial de las líneas permite prolongar significativamente el periodo de muestreo. El control de la secuencia de activación se efectúa a través de una tarjeta de relevadores conectada a un microprocesador de placa única Raspberry Pi4, que controla además el encendido y apagado de las mini-bombas de vacío. Las condiciones de temperatura, humedad relativa y presión del aire muestreado son monitoreadas por un conjunto de sensores de bajo costo. La energía necesaria para operar el sistema la proporciona una fuente de poder de 450 W y un regulador de voltaje de corriente directa. Finalmente, se colocó una pantalla táctil de 7" como interfaz de control del sistema para el usuario. El SMCA se emplea ya en prácticas de laboratorio en materia de Higiene y Seguridad Laboral de la Facultad de Química de la UNAM, y se implementará su uso en el monitoreo de la calidad del aire en diversos ambientes interiores y exteriores.

SE14-22 CARTEL

DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO DE BAJO COSTO PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS Y EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN HUMANA A VIBRACIONES Y SU IMPACTO EN LA SALUD

Rojas Rodrigo, Bernal Alonso y Rodríguez Miguel
Instituto de Ingeniería, UNAM
rrojash@iingen.unam.mx

Este proyecto propone el desarrollo de un dispositivo portátil y de bajo costo para la medición de vibraciones en edificaciones, con el objetivo principal de evaluar los efectos de estas vibraciones en la salud humana. El dispositivo desarrollado cuenta con un módulo de registro que incorpora un convertidor analógico-digital de 24 bits y un conjunto de sensores de aceleración y velocidad. Estos sensores, de tipo analógico, están diseñados para medir vibraciones en tres componentes, específicamente orientados a evaluar el confort humano en edificios. Una característica destacada del dispositivo es su capacidad para procesar y analizar la información en tiempo real durante la etapa de registro. Adicionalmente, el dispositivo permite respaldar los datos registrados y, opcionalmente, enviarlos a un servidor para un análisis más detallado. Esto facilita una evaluación más precisa y rápida de las vibraciones y sus posibles impactos.

Sesión especial

INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN LA DIFUSIÓN DE DATOS Y CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

Organizadores

Agustin Robles Morua
Laurent Avila Chauvet
Luis A. Mendez Barroso
Rolando Diaz Caravantes

SE15-1

DESARROLLO DE HERRAMIENTAS DE VISUALIZACIÓN DE DATOS PARA OBSERVATORIOS SOCIOAMBIENTALES

Ávila Chauvet Laurent, Robles Morúa Agustín y Elenes Rivera Juan Antonio
Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON
laurent.ac.ags@gmail.com

A medida que disminuye la transparencia de la información, los problemas asociados con la gobernanza se vuelven más pronunciados, incluyendo desafíos relacionados con la justicia ambiental y los mecanismos de rendición de cuentas. La proliferación de servicios web ha introducido nuevas oportunidades de colaboración entre ciudadanos, organizaciones civiles, investigadores y gobiernos. Los observatorios ambientales (OAs) han proporcionado información continua de los cambios ambientales a través de plataformas web. Sin embargo, uno de los desafíos de los OAs ha sido garantizar su disponibilidad a largo plazo. Por un lado, dependen del financiamiento de programas de investigación, y por otro, requieren personal calificado para su desarrollo y mantenimiento. El objetivo del trabajo fue desarrollar una serie de herramientas y bloques de código que permitan a los usuarios con poca experiencia generar gráficos dinámicos y visualizaciones geoespaciales a partir de hojas de cálculo. Para el desarrollo de las herramientas de visualización se utilizaron estándares y lenguajes de programación abiertos (HTML, CSS y JS), así como librerías de código abierto como Chart.js y Leaflet. Mientras que para la gestión de los datos se utilizaron las hojas de cálculo de Google. A partir de las herramientas desarrolladas se han generado diversas gráficas dinámicas y visualizaciones geoespaciales disponibles en observatorio-socio-ambiental.mx. El uso de estas herramientas permitirá abordar los desafíos asociados a la disponibilidad a largo plazo. Por un lado, reducen los costos asociados a la compra de licencias, mientras que, por otro lado, su fácil uso permite que usuarios con poca experiencia gestionen los datos.

SE15-2

DE LA ADQUISICIÓN DE DATOS A LA SOCIALIZACIÓN CON HERRAMIENTAS DE COMUNICACIÓN Y MONITOREO INTERDISCIPLINARIOS EN OBSERVATORIOS COSTEROS PARA LA RESILIENCIA

Granados Martínez Karol Paulina¹, Ortigosa Gutiérrez Jazmin Deneb¹, Carmona Escalante Armando², Ávila Foucat Sophie³, Simoes Nuno⁴, Torres Freyermuth Alec⁴, Afonso de Almeida Paulo Salles⁴, Noreña Barroso Elsa⁵, Méndez Barroso Luis⁶, Herrera Silveira Jorge⁷ y Hildago Rodríguez Gema⁸

¹Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera²Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM³Facultad de Ciencias, UNAM⁴Instituto de Ingeniería, UNAM⁵Unidad de Química en Sisal, UNAM⁶Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON⁷CINVESTAV, Unidad Mérida⁸Centro de Cambio Global y de la Sustentabilidad

karol26@ciencias.unam.mx

En el marco del Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera (LANRESC) se realizan proyectos de manera conjunta en siete Observatorios Costeros para la Resiliencia (OCR) distribuidos en el país. Uno de los objetivos del LANRESC fue implementar metodologías de manera conjunta que permitieran establecer líneas base de información a través de: a) Proyectos de investigación a nivel de socioecosistemas, d) Acervos bibliográficos, c) Proyectos de monitoreo de Ciencia Ciudadana y d) Tarjetas de Reporte. Es a través de estos proyectos que se reconocieron vacíos de información o falta de procesamiento de datos preexistentes que han permitido el diseño de estrategias para mejorar la planeación de proyectos de cada OCR del LANRESC; pero sobre todo identificar áreas de oportunidad para el diseño de proyectos de investigación interdisciplinarios, identificación de actores clave para la vinculación con proyectos, y la mejora de actividades y productos de comunicación

que permitan incidir en la sociedad. Como parte de estas estrategias se encuentra 1) la compilación de la información disponible para desarrollar plataformas de acceso interno y público con análisis estadísticos y bibliométricos; 2) socialización de los resultados a partir de infografías impresas y/o digitales dirigida a los actores presentes en dichos socioecosistema y de otras localidades con características similares; 3) adquisición y procesamiento de datos disponibles para que se cuente con líneas de tiempo más grandes que permitan diferenciar cambios puntuales estacionales como tendencias; 4) Implementación y diseño de programas de ciencia ciudadana que permitan incidir en el interés de participación de las comunidades y 5) actualización de Tarjetas de Reporte que permitan ampliar su evaluación hacia el desempeño de las ANP en cuanto a la gestión y conservación de los socioecosistemas costeros, proporcionando información valiosa para respaldar la toma de decisiones y la implementación de acciones que promuevan la resiliencia de estas áreas.

SE15-3

APLICACIÓN DE BASES DE DATOS DISTRIBUIDAS EN ENTORNOS DE ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS EN SISMOLOGÍA

Yáñez Gabriela¹, Casillas-Aviña Gael Emiliano², Hernández Gómez Jorge Javier³ y Trujillo Alcántara Alfredo¹

¹Instituto Mexicano del Petróleo, IMP²Instituto Politécnico Nacional, UPIITA³Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo Aeroespacial
posgyanes@imp.mx

El estudio de la sismología se basa fundamentalmente en la adquisición, procesamiento y análisis de datos obtenidos desde la distribución espacio-temporal de eventos sísmicos ocurridos, así como de su intensidad y frecuencia. Tales registros permiten conocer el comportamiento de estos eventos en cierta región a través del tiempo. El manejo de datos implica lidiar con enormes cantidades de registros, lo que a menudo se dificulta, dependiendo de la zona geográfica bajo estudio. Lo anterior se conoce como entorno conceptualmente desvinculado, es decir, los datos tienen relación entre sí a través de alguna condición o elemento del sistema físico por el cual son adquiridos. El presente trabajo tiene como objetivo demostrar las capacidades del uso de bases de datos distribuidas para almacenamiento y organización de registros masivos en un entorno conceptualmente desvinculado mediante el uso del repositorio de datos sísmicos del Servicio Sismológico Nacional (SSN). La meta es aplicar conceptos de bases de datos distribuidas tales como son los modelos de organización, fragmentación de datos, alojamiento y construcción de consultas a medida, según el entorno. De esta manera, se busca tener un sistema no centralizado y robusto para la gestión de los datos sísmicos del SSN.

SE15-4

OBSERVATORIO SOCIOAMBIENTAL INTERACTIVO: POTENCIAL DE LA REALIDAD VIRTUAL EN LA EDUCACIÓN AMBIENTAL

Ávila Chauvet Laurent, Elenes Rivera Juan Antonio y Robles Morúa Agustín
Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON
laurent.ac.ags@gmail.com

Las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC) se han convertido en herramientas relevantes para la difusión de información en el ámbito educativo en los últimos años (Martínez & Prendes, 2004). La realidad virtual se presenta como una solución con múltiples áreas de oportunidad, incluida la educación. En particular, los museos virtuales ofrecen una nueva forma de comunicación y acceso a la información, permitiendo un contacto interactivo con diferentes medios audiovisuales que no suelen utilizarse comúnmente en las aulas, apoyando así el proceso de aprendizaje y la adquisición de información por parte de los estudiantes

(Melgar et al., 2009). Los museos tradicionales son considerados instituciones culturales y socios en la formación integral de las personas, pero enfrentan desafíos como la falta de políticas de apoyo, intercambio de experiencias, personal capacitado (DeCarli, 2006), y problemas de traslado (Mont., 2013). Sin embargo, existen estudios que indican que los museos virtuales incrementan el interés, la motivación de visita y actúan como herramientas que impulsan la exploración de diversas temáticas, destacando su papel como instrumentos para el aprendizaje y el acceso a la información. Estos estudios han demostrado que los museos virtuales permiten experiencias educativas diferentes y un acceso novedoso a la información (Melgar et al., 2009). Melgar evaluó el impacto de los museos de realidad virtual en el aprendizaje, encontrando diferencias positivas en la adquisición de conocimientos al utilizar estos entornos virtuales (Melgar et al., 2009). En este trabajo se presenta el portal interactivo del observatorio socioambiental como una herramienta de comunicación que ha optado por la implementación de nuevas tecnologías, tales como entornos digitales interactivos percibidos a través de estímulos sensoriales. Se generó un museo virtual que sumerge al usuario en un mundo nuevo, haciéndolo atractivo para todas las generaciones. Estos espacios permiten el intercambio de información, la comprensión de la historia y proporcionan un entorno de aprendizaje interactivo con imágenes, videos, figuras 3D y juegos. Se espera que la aplicación de este mundo interactivo en entornos educativos tenga un impacto positivo en la retención de información y una mayor percepción de la utilidad de estas herramientas por parte de los usuarios.

Sesión especial

MEDICIÓN DE LA CALIDAD DE AIRE DESDE EL ESPACIO

Organizadores

Wolfgang Stremme
Victor Almanza

SE16-1 PLÁTICA INVITADA

A NEW ERA OF AIR QUALITY MONITORING FROM SPACE OVER NORTH AMERICA WITH TEMPO: FIRST YEAR IN ORBIT

González Abad Gonzalo, Liu Xiong, Chance Kelly y TeMPO Science Team
Center for Astrophysics, Harvard & Smithsonian
ggonzalezabad@cfa.harvard.edu

TEMPO is NASA's first Earth Venture Instrument (EVI) selected in 2012 and first host payload. It is the first spaceborne instrument providing revolutionary hourly daytime air pollution over North America from Mexico City to the Canadian oil sands, and from the Atlantic to the Pacific, at neighborhood scale (~10 km² at boresight). It uses UV/visible spectroscopy (293-493 nm, 538-741 nm) to measure key elements of tropospheric air pollution chemistry including O₃, NO₂, HCHO, SO₂, C₂H₂O₂, and aerosols, and capture the inherent high variability in the diurnal cycle of emissions and chemistry. TEMPO was successfully launched on board ISS-40E into the geostationary orbit at 91°W in April 2023. It conducted its first light Earth observations in early August 2023, kicking off a new era of air quality monitoring from space over North America. It started its nominal operation in October 2023 for a 20-month of baseline Phase E. Baseline data products were released to the public in February 2024 for L1 and for most L2/3 in May 2024. TEMPO near-real-time (NRT) data products were funded by NASA Satellite Needs Working Group (SNWG) to assist in air quality forecasting and modeling efforts, and develop better pollution control strategies. We present a status update of the TEMPO mission including its first year operation and science highlights, status of baseline data products and upcoming algorithm improvements, implementation of NRT products, research data products and plan for extending the TEMPO baseline mission.

SE16-2 PLÁTICA INVITADA

HEMISPHERIC AIRBORNE MEASUREMENTS OF AIR QUALITY (HAMAQ)

Crawford James¹, Judd Laura¹, McDonald Brian², Molina Luisa³, Grutter Michel⁴, Figueroa J. Victor Hugo Paramo⁵, López Vicuña Daniel⁶, Hernández Villaseñor Sergio Zirath⁷, Ayala Salvador Landeros⁸, Guzmán Torres Laura Erika⁹, Fonseca Hugo Landa¹⁰, Retama Armando¹⁰ y Ortíz Abraham¹⁰

¹NASA Langley Research Center²NOAA Chemical Sciences Laboratory³Massachusetts Institute of Technology⁴Universidad Nacional Autónoma de México⁵Comisión Ambiental de la Megalópolis⁶Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales⁷Secretaría del Medio Ambiente⁸Agencia Espacial Mexicana⁹Independent Research Scientist¹⁰Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

james.h.crawford@nasa.gov

Under NASA's Earth Venture Suborbital program, Hemispheric Airborne Measurements of Air Quality (HAMAQ) will conduct a series of campaigns in 2028 under the Tropospheric Emissions: Monitoring of Pollution (TEMPO) geostationary satellite instrument. HAMAQ plans include two deployments, including the Mexico City megalopolis and another North American site yet to be selected. The effort will include two aircraft, NASA's B777 for in situ sampling and G-III for remote sensing. These aircraft will be used to complete a system of integrated observations, combining satellite observations, ground-based monitoring and research observations with air quality modeling. HAMAQ field intensives will serve multiple objectives to include: improving the use of satellite observations in concert with traditional ground monitoring to inform air quality; assessing emissions to better understand their timing and source apportionment; advancing the development of satellite proxies for air quality; and assessing the factors controlling local air quality in each location sampled. Given the long lead time for this campaign, discussion from the community on improving sampling strategies and selecting candidate sites for the second deployment is welcomed. Given the broad applicability of the HAMAQ science objectives and observing strategy, possible partnerships to extend the

pursuit of the larger vision of HAMAQ to also sample in Asia and Europe are also of interest.

SE16-3 PLÁTICA INVITADA

ENHANCING AIR QUALITY MONITORING FROM SPACE: COMPARATIVE ANALYSIS OF TEMPO SATELLITE OBSERVATIONS WITH GROUND-BASED AND AIRCRAFT INSTRUMENTS FOR ASSESSING HCHO AND NO₂, AND EARLY INSIGHTS INTO TEMPO

Ortega Ivan¹, Hannigan James¹, Martínez-Alonso Sara¹, Edwards David¹, Stremme Wolfgang², Grutter Michel², Waxman Eleanor³, González Gonzalo⁴ y Nowlan Caroline⁴

¹National Center for Atmospheric Research, NCAR²UNAM³NOAA⁴Center for Astrophysics, Harvard & Smithsonian

iortega@ucar.edu

The Tropospheric Emissions: Monitoring of Pollution (TEMPO) satellite, positioned in geostationary Earth orbit, represents a major leap forward in understanding atmospheric composition and chemistry over North America. TEMPO's ability to provide hourly observations enables the study of diurnal variations in key trace gases and aerosol pollutants such as ozone (O₃), nitrogen dioxide (NO₂), and formaldehyde (HCHO). To maximize the effectiveness of TEMPO data for near-real-time air quality monitoring and accurate pollutant exposure assessment, it is essential to perform initial evaluations using correlative instrument observations across various viewing geometries and platforms. We will present a quantitative analysis of TEMPO retrievals by comparing them with data from multiple sources: (a) Ground-based observations in Boulder, Colorado, a region known for diverse spatial and temporal distributions of trace gases. We integrate TEMPO observations with co-located ground-based remote sensing measurements from Pandora and Fourier Transform Infrared (FTIR) spectrometers to examine the diurnal variability of NO₂ and HCHO. (b) Validation of specific TEMPO pixels using NO₂ and HCHO measurements during spirals on the DC-8 aircraft, conducted as part of the Atmospheric Emissions and Reactions Observed from Megacities to Marine Areas (AEROMMA) campaign in summer 2023. Additionally, we will share initial insights into TEMPO's capabilities for detecting diurnal variations of NO₂ and HCHO across North America and for enhancing the comparison and assessment of state-of-the-art atmospheric chemistry models.

SE16-4

ANÁLISIS Y VISUALIZACIÓN DEL BIÓXIDO DE NITRÓGENO EN EL CENTRO DE MÉXICO CON DATOS DE TEMPO

Salazar Adán¹, Stremme Wolfgang², Bucio Mariajesús¹, Macías Fernanda¹ y Grutter Michel²

¹Agencia Espacial Mexicana²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

salazar.adan@aem.gob.mx

El trabajo presenta un análisis de las secuencias de imágenes satelitales generadas a partir de datos del instrumento Tropospheric Emission: Monitoring of Pollution (TEMPO). Se investiga el transporte y evolución de algunos eventos incluyendo días con contingencias en la Zona Metropolitana del Valle de México durante el 2024; región de gran interés para la investigación y efecto del cambio climático en México, debido a la alta emisión de contaminantes y gases de efecto invernadero ocasionados por las actividades de esta zona altamente industrializada. Se presenta la metodología para el procesamiento automatizado de imágenes y el acceso de los resultados a través de página web para la consulta el día siguiente. Se incluye de manera preliminar un estudio comparativo de coincidencias con datos medidos en superficie con los instrumentos Pandora. La capacidad de visualizar la evolución de la contaminación de manera continua con un instrumento a bordo de un satélite geostacionario hasta ahora no había sido posible para esta región.

SE16-5

INNOVACIONES EN EL MONITOREO ATMOSFÉRICO: IMPACTO DE TEMPO EN LA DETECCIÓN DE GASES CONTAMINANTES Y LA GESTIÓN DE CONTINGENCIAS AMBIENTALES

Arellano Hernández Edgar Josué, Hernández Paniagua Iván Yassmany, Ruiz
Suárez Luis Gerardo, García Reynoso José Agustín y Jazcilevich Diamant Aro

Universidad Nacional Autónoma de México
arellanoj@atmosfera.unam.mx

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), es conformada geográficamente por la Ciudad de México, algunos municipios alrededor del Estado de México y de Hidalgo, donde se concentra cerca del 18% de la población total mexicana. En esta región durante los meses de febrero a junio se presentan niveles altos de radiación y condiciones meteorológicas adecuadas que en combinación con fuentes de precursores producen altos niveles de ozono, cuando se superaran los límites permisibles para la salud se activan protocolos de Contingencia Ambiental para contener y resguardar a la población. En mayo del 2024 un domo de calor se instaló en casi todo el país, como consecuencia en la ZMVM estas condiciones produjeron que los niveles de ozono se incrementaran por lo que se observó una mayor frecuencia en la activación de contingencias ambientales, para principios de junio se habían contabilizado un total de 8 contingencias seguidas, un evento poco frecuente desde inicios del programa. En abril del 2023, se puso en órbita el instrumento TEMPO, que está equipado con un espectrómetro operando en el rango del UV- visible (290nm-740nm, con una resolución de 0.6nm). El equipo se ubica en una órbita geoestacionaria y genera información con una resolución espacial de 2 km/píxel de norte a sur y de 4.5 km/píxel de este a oeste. Tempo recopila datos sobre gases como: NO₂, O₃, HCHO, SO₂, así como información sobre nubes y aerosoles. En este trabajo presentamos resultados de las observaciones obtenidas del instrumento TEMPO que muestran la evolución espacial y temporal de las columnas de concentración de los gases NO₂ y HCHO involucrados en la generación de ozono durante las contingencias ocurridas en mayo del 2024 sobre la ZMVM. Los resultados preliminares del análisis indican que, en los días posteriores a la activación de la contingencia ambiental del día 13 de mayo, los niveles de HCHO y NO₂ disminuyeron durante la mañana, pero mostraron incrementos significativos por la tarde. Esta tendencia, en combinación con las condiciones meteorológicas prevalecientes asociadas al domo de calor, puede explicar la formación de ozono y la subsecuente activación o prolongación de las contingencias ambientales en horas vespertinas. Los datos proporcionados por el instrumento TEMPO tienen el potencial de convertirse en una valiosa herramienta para el análisis de la contaminación del aire y el monitoreo de emisiones. Sin embargo, es fundamental abordarlo con precaución, ya que, aunque ofrecen información espacial detallada, la distribución a lo largo de la columna vertical requiere complementarse con datos meteorológicos o modelos de calidad del aire. Solo a través de una adecuada interpretación de los procesos fisicoquímicos en combinación con esta información adicional, se pueda lograr una correcta interpretación de los fenómenos observados.

SE16-6

MEDICIÓN DE H₂CO CON PERCEPCIÓN REMOTA EN MÉXICO

Cadena Caicedo Andrea J., Stremme Wolfgang, Grutter de la Mora Michel y Bezanilla Alejandro
Universidad Nacional Autónoma de México
andrea.cadena@atmosfera.unam.mx

El formaldehído (H₂CO) es uno de los carbonilos que contribuye a la formación del ozono troposférico. Este se produce principalmente a partir de la oxidación y degradación del metano y compuestos orgánicos volátiles relacionados al metano (NMHC). Incluso, el H₂CO se ha identificado como uno de los gases traza asociados a incendios forestales y quema de biomasa, además de ser un producto de combustión de automóviles. Desde las mediciones satelitales se puede visualizar la contaminación por incendios forestales o tráfico en las megaciudades. Además, desde las mediciones en superficie se puede identificar los diferentes procesos analizando la relación con otros gases asociados con incendios o combustión. En este trabajo se analiza la serie temporal de la columna de H₂CO medido con espectroscopia de absorción solar en el centro de México en la estación Altzomoni a 3985 m s.n.m y a 60 km suroeste de la Ciudad de México (19.12 N, -98.65 W) y medido en la Ciudad de México en la UNAM a 2260 m s.n.m (19.33 N, -99.18 W). Además, se realiza una comparación con los productos de los satélites TROPOMI y TEMPO. Se usan las distribuciones espaciales de los dos productos satelitales junto con las mediciones en superficie para determinar la abundancia, variabilidad, los ciclos diurnos, tendencias y las principales fuentes del H₂CO.

SE16-7

ASIMILACIÓN DE DATOS DE NO₂ DEL SATELITE TROPOMI EN LA MEGALÓPOLIS

Laguna Rangel Carolina, Almanza Víctor, Stremme
Wolfgang, Grutter Michel y García Reynoso Agustín
Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
clagunar@ciencias.unam.mx

El desarrollo industrial y económico en México ha provocado un deterioro del medio ambiente. La contaminación asociada a este crecimiento impacta la salud pública afectando la calidad de vida de las personas. La Megalópolis de México, formada por la Ciudad de México, el estado de México, Hidalgo, Puebla, Morelos, Querétaro y Tlaxcala, es una de las concentraciones urbanas más grandes de Latinoamérica y de suma importancia para la economía nacional. Por su extensión, la emisión de precursores tiene un impacto negativo en la calidad del aire y el medio ambiente en la región. En particular, el NO₂ resulta un contaminante importante en la región por su contribución a la formación de ozono, así como en la formación de ácido nítrico y ácido nitroso, que son compuestos asociados a la lluvia ácida y a impactos en las vías respiratorias. Durante la pandemia de COVID-19 se observó que este contaminante podría contribuir al aumento de mortalidad para personas infectadas. Por ello el monitoreo de estos contaminantes resulta necesario. Dado que el monitoreo actual es limitado en la Megalópolis, sobre todo en zonas rurales, el uso de modelos numéricos se puede combinar con la cobertura más amplia y detallada que proporcionan las mediciones satelitales para estimar compuestos primarios y secundarios, sobre todo en regiones sin mediciones. Sin embargo, las estimaciones del modelo tienen incertidumbre en el estado inicial, lo que impacta negativamente el desempeño del modelo. La asimilación de datos es una herramienta que se utiliza para mejorar el desempeño del modelo, ya que incorpora las observaciones con el modelo tomando en cuenta la incertidumbre de ambos y la pondera según su error. El objetivo de este trabajo es asimilar datos de NO₂ del satélite TROPOMI en la región de la Megalópolis usando el sistema de asimilación regional WRF-Chem/DART que se basa en el método de Filtro Kalman por ensambles (EnKF). Se harán ciclos de asimilación de 12 horas para estimar la mejora en el desempeño del modelo químico en estimar concentraciones de NO₂. Agradecimientos: Los autores agradecen los recursos brindados del proyecto PAPIIT IA105423, del proyecto LANCAD-UNAM-DGTIC 395 y a la Dra. Katya Rodríguez (IIMAS-UNAM).

SE16-8

TENDENCIAS GLOBALES DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO TROPOSFÉRICO (NO₂) BASADAS EN MEDICIONES SATELITALES (OMI) Y TÉCNICAS DE CLASIFICACIÓN BASADAS EN APRENDIZAJE AUTOMATIZADO (SPECTRAL ANGLE MAPPER)

Díaz Torres José de Jesús¹, Ojeda Castillo Valeria², Murrillo Tovar Mario Alfonso³,
Saldarriaga Noreña Hugo Albeiro⁴, Hernández Mena Leonel¹ y Herrera López Enrique Jaime¹

¹Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, CIATEJ

²Universidad de Guadalajara

³CONACYT-Centro de Investigaciones Químicas-ILCBA, Universidad Autónoma del Estado de Morelos

⁴Centro de Investigaciones Químicas-ILCBA, Universidad Autónoma del Estado de Morelos

jdiaz@ciatej.mx

Este estudio caracteriza las variaciones interanuales de NO₂ utilizando mediciones satelitales de Ozone Monitoring Instruments (OMI) y técnicas de aprendizaje automático para identificar tendencias globales y delinear regionales entre 2005 y 2021. Un procedimiento metodológico basado en cinco etapas de análisis: 1) análisis espacial, 2) determinación de conglomerados y miembros terminales, 3) clasificación de imágenes satelitales, 4) validación estadística, y 5) la clasificación de cambios interanuales, se empleó para la clasificación de regiones con densidades de NO₂ semejantes, en función de patrones de tendencia comunes. Como resultado de este trabajo de investigación, se encontraron cuatro tipos de tendencias. Esas tendencias se correlacionaron con la información de NO_x (medidas como NO₂) tomadas del inventario de emisiones antropogénicas globales desarrollados por la Unión Europea (Copernicus Atmosphere Monitoring Service, CAMS) y emisiones antropogénicas regionales para Asia (Regional Emission Inventory in Asia, REAS), para validar las observaciones satelitales de OMI. El número de habitantes y el producto interno bruto (PIB) en más de 250 ciudades se examinó con base en técnicas geoprocesamiento para establecer grados de correlación entre grupos conforme al tipo de tendencia que ha presentado durante el período de análisis. La relación entre los factores económicos y de población indica que hay ciudades con tendencias prometedoras (a la baja) o de alarma (a la alza). Las diferencias entre regiones con tendencias ascendentes y descendentes radican principalmente en la adopción de políticas para el control de la contaminación del aire, más que en el desarrollo económico en sí. Teniendo en cuenta las tendencias regionales actuales como posibles escenarios a corto plazo, se podría ver que los avances en tecnología y políticas para una mejor calidad del aire aún parecen insuficientes para mejorar la tendencia global de NO₂. Eventos imprevistos de gran magnitud tal como el confinamiento por el covid-19, inducen cambios abruptos y rompen cualquier tendencia, estos cambios podrían ser positivos en el sentido de mejoras en la calidad del aire; sin embargo, el confinamiento por covid-19 demuestra que sus efectos son transitorios y capaces incluso de revertir tendencias que venían a la baja.

SE16-9

ESTUDIO DE FUENTES, VARIABILIDAD Y TENDENCIAS DE CO₂ A PARTIR DE DATOS DE SUPERFICIE Y SATELITALES

Grutter Michel¹, Ramonet Michel², Lauvaux Thomas³, Che Ke², Taquet Noemie¹, Stremme Wolfgang¹, Almanza Victor¹, Bezanilla Alejandro¹, García-Reynoso Agustín¹, González del Castillo Eugenia¹ y Porras Sandra¹

¹Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

²Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE), Paris, France

³Université de Reims-Champagne Ardenne, Reims, France

grutter@unam.mx

De manera continua, realizamos mediciones del bióxido y monóxido de carbono (CO₂ y CO) tanto de la columna integrada como de las concentraciones en superficie en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). Además de los tres espectrómetros infrarrojos (FTIR) que se operan de manera permanente para recuperar las concentraciones integradas del los espectros solares, se colocaron 4 instrumentos adicionales durante 8 meses durante la campaña MERCI-CO₂. Con esta iniciativa se registraron los gradientes de estos gases en esta región altamente urbanizada y se compararon con observaciones del satélite OCO-3 (Orbiting Carbon Observatory) de la NASA. Con ayuda de un modelo de transporte alimentado con las emisiones de las actividades urbanas y los flujos biogénicos, restringiendo las concentraciones con las observaciones, se pudieron estimar las emisiones. Además se calcularon las razones CO/CO₂ para obtener resultados y se compararon con los datos del inventario. Las mediciones de percepción remota se han vuelto indispensables para la validación de datos satelitales, como puede evidenciarse con el surgimiento de las redes internacionales TCCON y COCCON, para las cuales también estamos contribuyendo. Se discutirán los beneficios y limitaciones de estas metodologías, tomando en cuenta la gran cantidad de nuevas misiones satelitales que están en puerta para medir CO₂ y otros gases de efecto invernadero, y el papel que jugarán las grandes ciudades no solo intentando mejorar su calidad del aire, sino para los esfuerzos globales para la reducción de las emisiones.

SE16-10 CARTEL

ESTIMACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES NO₂ CERCA DE SUPERFICIE A PARTIR DE LAS MEDICIONES DE LA COLUMNA VERTICAL DEL SENSOR SATELITAL TEMPO: CASO DE PRUEBA CIUDAD DE MÉXICO

Stremme Wolfgang, Michel Grutter, Victor Almanza, Cadena Andrea, Edgar Josué Arellano, Bezanilla Alejandro y Bocio Mariajesus

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

stremme@atmosfera.unam.mx

La calidad de aire es importante para asegurar nuestra salud y especialmente en grandes ciudades queremos saber la concentración de los gases críticos que estamos respirando. La distribución de la contaminación y la población juegan un papel importante para evaluar el impacto a la salud, la Ciudad de México cuenta con una red densa de mediciones de alta calidad, sin embargo, el resto de república y las otras ciudades, no cuentan con un servicio de monitoreo de esta calidad. La medición de contaminantes desde sensores en el espacio ya llegó a una resolución espacial horizontal de pocos kilómetros, comprable a la densidad de las estaciones de monitoreo en cualquier sitio, pero la distribución vertical en la troposfera jugar un papel importante para poder convertir la cantidad medida con percepción remota a concentración en superficie. Especialmente en la Ciudad de México contamos con un ciclo diario de las concentraciones en superficie de contaminantes que es mayormente impactado por la dinámica de la capa límite y diferente al ciclo diario de la columna vertical. Las mediciones de un instrumento en un orbita geoestacionario permiten por primera vez observar un ciclo anual de la columna desde el espacio y queremos discutir cómo se podría usar esta información sobre la calidad de aire. En esta contribución presentamos un método simple para estimar la concentración cerca de superficie a partir del producto de TEMPO y sus datos auxiliares, y de esta manera evaluar esta estimación a partir las mediciones de NO₂ en superficie de la red del gobierno de la Ciudad de México.

SE16-11 CARTEL

ESTIMACIÓN DE LOS FLUJOS Y FUENTES DE CONTAMINANTES A PARTIR DE LAS MEDICIONES DE TEMPO

Stremme Wolfgang, Almanza Victor, Cadena Andrea, Bezanilla Alejandro, Grutter Michel y Schiavo Benedetto

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

stremme@atmosfera.unam.mx

El sensor satelital TEMPO produce desde su órbita geoestacionaria una distribución de diferentes contaminantes cada hora y permite por la primera vez seguir el desarrollo de la contaminación. La medición y el conocimiento de columna de gases traza tiene desventajas y ventajas, sobre la medición de una concentración in situ. En el caso con gases críticos, se quiere la concentración en superficie (una cantidad intensiva) para evaluar su impacto a la población. En contraste la columna (la concentración vertical integrada) es importante para evaluar el impacto de los gases traza del efecto invernadero o el ozono estratosférico que protege la vida en superficie de la radiación UV. Sin embargo, la medición de la columna es más

adecuada para evaluar la magnitud y el origen de la contaminación. Sabiendo el origen y las fuentes se puede adaptar el diseño de medidas de mitigación que son de interés para la política pública. En esta contribución queremos aprovechar la medición de la distribución continua y estimar y evaluar el transporte y la producción de los contaminantes. Para esto consideramos la ecuación de continuidad, como un problema mal planteado, en cuales conocemos la distribución de la columna de gas y su cambio de una hora a la otra. Nuestro método está basado en el método de Bayes y usa ajuste lineal con regularización.

SE16-12 CARTEL

ASIMILACIÓN DE DATOS DE MONÓXIDO DE CARBONO DEL SENSOR TROPOMI EN LA MEGALÓPOLIS

Miranda Cano Hugo¹, Almanza Victor², Stremme Wolfgang², Grutter Michel² y García Reynoso Agustín²

¹Facultad de Ciencias, UNAM

²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

rcgh@ciencias.unam.mx

La expansión económica y demográfica de la Megalópolis, que está conformada por la Ciudad de México, Hidalgo, Estado de México (EDOMEX), Tlaxcala, Morelos, Puebla y Querétaro, han afectado significativamente la calidad del aire y salud pública. Este fenómeno ha causado un deterioro ambiental, incluyendo un aumento en la frecuencia de incendios forestales. A pesar de los avances en la gestión de la calidad del aire, especialmente en la CDMX, todavía existen desafíos significativos debido al número limitado de observaciones a nivel Megalópolis. La normatividad vigente se rebasa frecuentemente, especialmente en zonas rurales con capacidad de monitoreo limitada, lo que dificulta la evaluación de las medidas de mitigación. Para abordar estos retos, en el presente trabajo se utilizarán datos satelitales de monóxido de carbono (CO) de alta resolución espacial obtenidos del satélite Sentinel 5P (TROPOMI) permitiendo una cobertura extensa y detallada de las zonas de estudio. Se aplicará el sistema de asimilación WRF-Chem/DART, centrándose en el método de Filtro de Kalman por ensambles (EnKF) basado en Raíz Cuadrada utilizando ciclos de asimilación de 6 horas. Las observaciones de satélite ayudan en la subdeterminación del campo de variables de estado respecto del campo de observaciones debido a la falta de monitoreo. Se espera mejorar el desempeño del modelo químico, haciendo que sus pronósticos sean más precisos y fiables. Esto permitirá apoyar en eventos críticos de calidad del aire y con esto poder desarrollar políticas de mitigación efectivas, así mismo buscamos sentar las bases para desarrollar un pronóstico químico a escala nacional. Agradecimientos: Los autores agradecen los recursos brindados del proyecto PAPIIT IA105423, del proyecto LANCAD-UNAM-DGTIC 395, a la Dra. Katya Rodríguez (IIMAS-UNAM)

SE16-13 CARTEL

ONE YEAR OF TROPOSPHERIC EMISSIONS: MONITORING OF POLLUTION (TEMPO) NITROGEN DIOXIDE AND FORMALDEHYDE RETRIEVALS – ALGORITHM DESCRIPTION, RECENT UPDATES AND PERFORMANCE ASSESSMENT

González Abad Gonzalo, Nowlan Caroline, Liu Xiong, Chance Kelly y TeMPO Science Team

Center for Astrophysics, Harvard & Smithsonian

ggonzalezabad@cfa.harvard.edu

We present the status of the Tropospheric Emissions: Monitoring of Pollution (TEMPO) nitrogen dioxide (NO₂) and formaldehyde (HCHO) retrievals from its first year of operations. After multiple version updates, the TEMPO Level 2 NO₂ and HCHO products have undergone significant enhancements to improve the performance and accuracy of the slant column retrievals, air mass factor calculations and post-processing corrections including destripping for NO₂ and background for HCHO. We illustrate the performance of both retrievals, evaluating their fitting uncertainty and showing comparisons with independent correlative measurements and other satellite products showcasing small noise levels and remarkable accuracy with well quantified biases. We continue by illustrating the capacity of TEMPO products focusing on different case studies showing TEMPO's high temporal and spatial resolution. We finalize discussing aspects of the retrieval subject to improvement and our plans to address them.

SE16-14 CARTEL

DISCUSSING PLANS FOR A COMPREHENSIVE AIR QUALITY STUDY OF THE MEXICO CITY MEGALOPOLIS IN 2028

Crawford James¹, Judd Laura¹, McDonald Brian², Molina Luisa³, Grutter Michel¹, Figueroa J. Victor Hugo Paramo³, López Vicuña Daniel¹, Hernández Villaseñor Sergio Zirath⁷, Ayala Salvador Landeros⁸, Guzmán Torres Laura Erika⁶, Fonseca Hugo Landa⁶, Retama Armando⁹ y Ortinez Abraham¹⁰

¹NASA Langley Research Center

²NOAA Chemical Sciences Laboratory

³Massachusetts Institute of Technology

⁴Universidad Nacional Autónoma de México

⁵Comisión Ambiental de la Megalópolis

⁶Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

⁷Secretaría del Medio Ambiente

⁸Agencia Espacial Mexicana

⁹Independent Research Scientist

¹⁰Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

james.h.crawford@nasa.gov

With the recent launch of the Tropospheric Emissions: Monitoring of Pollution (TEMPO) satellite and funding for two NASA research aircraft as part of the Hemispheric Airborne Measurements of Air Quality (HAMAQ) project, the opportunity has arisen for a comprehensive air quality study of the Mexico City megalopolis in 2028. The two aircraft to be deployed will be NASA's B777 for in situ sampling and G-III for remote sensing. These aircraft will be able to provide detailed soundings of atmospheric composition and observations similar to TEMPO but at a much finer scale. Connecting both satellite and airborne observations to ground monitoring networks and research sites will be critical to provide a complete and accurate picture of air quality in the region to better understand pollution sources and challenge predictive models of air quality. This poster will provide details on the elements already in place for the study, but input on all facets: timing of observations, sampling strategy, and potential for collaboration are welcomed.

SE16-15 CARTEL

COLUMNAS DE METANO EN LA ZONA CENTRO DEL VALLE DE MÉXICO UTILIZANDO MEDICIONES DE ABSORCIÓN SOLAR Y OBSERVACIONES SATELITALES

Bezanilla Morlot Alejandro¹, Hernández Gutiérrez Luis Alejandro², Cadena Caicedo Andrea¹, Stremme Wolfgang¹, González del Castillo Eugenia¹ y Grutter de la Mora Michel¹

¹Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

²Facultad de Ciencias, UNAM

abezanilla@atmosfera.unam.mx

El metano es uno de los gases de efecto invernadero más importantes, ya que presenta un potencial de calentamiento global 25 veces superior al CO₂ en un periodo de 100 años. Solo es debido a la mayor abundancia del CO₂ (más de 200 veces más abundante) que es este el que ocupa el primer lugar en entre los gases de efecto invernadero. Además, este gas es uno de los que presenta un mayor incremento en su concentración atmosférica y esto se debe a que la mayor parte del metano que es liberado a la atmósfera es producido por actividades antropogénicas. Las mediciones de absorción solar realizadas en la superficie son una gran herramienta que permite determinar con mucha exactitud las columnas de varios gases, pero son representativas de una pequeña área centrada sobre el sitio de medición. En cambio las mediciones realizadas a bordo de las plataformas satelitales tienen una cobertura global, es este el motivo por el cual este tipo de mediciones son de suma importancia para conocer el comportamiento y la tendencia algunos de los gases en la atmósfera, entre ellos los de efecto invernadero. EL grupo de Espectroscopia y Percepción Remota del Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático (ICAYCC) realizan mediciones de absorción solar en el infrarrojo de manera continuas desde has más de 10 años, las cuales permiten determinar las columnas de varios gases de efecto invernadero. En este trabajo se muestran los valores de columna de metano obtenidos de estas mediciones de absorción solar y de mediciones satelitales.

Sesión especial

MODELACIÓN CLIMÁTICA DE LOS MARES MEXICANOS, DÓNDE ESTAMOS Y HACIA DÓNDE DIRIGIRNOS

Organizadores

Sheila Estrada-Allis
Paulina Cetina Heredia
Karina Ramos Musalem
Tereza Cavazos Pérez

SE17-1

RELACIONES DE CORTO Y LARGO PLAZO ENTRE EL TRANSPORTE A TRAVÉS DEL CANAL DE YUCATÁN Y EL SISTEMA DE LA CORRIENTE DEL LAZO

Moreles Vázquez Luis Efraín¹, Martínez López Benjamín¹, Higuera
Parra Susana², Olvera Prado Erick Raúl³ y Zavala Hidalgo Jorge¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²El Colegio de la Frontera Sur

³Universidad Autónoma Metropolitana

moreles@atmosfera.unam.mx

Este trabajo estudia el comportamiento del transporte a través del Canal de Yucatán (YCT), la Corriente del Lazo (LC), los Remolinos de la Corriente del Lazo (LCEs), sus relaciones y el efecto del forzamiento atmosférico sobre ellos en escalas de tiempo cortas (diarias) y largas (mensuales). Se utilizan simulaciones gemelas de 22 años de la hidrodinámica del Golfo de México realizadas con el HYCOM, una considerando sólo la dinámica oceánica y la otra incorporando el forzamiento atmosférico. Una descripción más completa de la intrusión de la LC y las separaciones de LCEs se obtuvo al considerar el YCT superior oriental u occidental, una perspectiva que no es evidente cuando se considera el YCT total superior; específicamente, el YCT oriental proporciona la descripción más significativa de los procesos estudiados. El forzamiento atmosférico afecta principalmente la etapa extendida de la LC al crear una mayor dispersión en los valores del YCT y de la circulación de la LC, en comparación cuando se considera solo la dinámica oceánica. Para el análisis de largo plazo, se utilizaron índices estandarizados que integran en el tiempo los valores diarios del YCT oriental y de la circulación de la LC; se estudiaron su propagación temporal y persistencia (los cambios de sus características de escalas de tiempo cortas a largas). La dinámica oceánica intrínseca produce un comportamiento persistente del YCT y de la intrusión de la LC y patrones consistentes de separación de LCEs de escalas diarias a 5 meses. En el largo plazo, y como consecuencia del cambio climático, se espera un aumento en la ocurrencia de separaciones de LCEs con intrusión baja o moderada de la LC.

SE17-2

CONTRIBUCIONES DE LA ASIMILACIÓN DE DATOS DE CORRIENTES SUPERFICIALES DERIVADAS DE RADARES HF A LA MODELACIÓN NUMÉRICA DEL CARIBE MEXICANO

Rodríguez-Flores Miguel Ángel¹, García-Nava Héctor¹,
Carrillo Laura², Souza Alejandro Jose³ y Flores-Vidal Xavier¹

¹Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC

²Departamento de Observación y Estudio de la Tierra, la Atmósfera
y el Océano, El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal

³Departamento de Recursos del Mar, Centro de Investigación y de
Estudios Avanzados, Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida
miguel.rdzflores@gmail.com

Actualmente, los sistemas de información abierta, que nos permiten acceder a datos sobre las corrientes del Caribe Mexicano, son resultado de esfuerzos globales de modelación y observaciones remotas. Estos sistemas han facilitado avances en los estudios de procesos de mesoescala; sin embargo, no cuentan con una resolución espacial y temporal adecuada (es decir, cientos de metros y horas) para resolver los procesos importantes dentro del océano costero. Existe una necesidad de mejorar la predictividad de los modelos costeros, la cual a menudo no se puede lograr únicamente con modelos libres, por lo que es necesario utilizar métodos de asimilación. La asimilación más común es la de datos satélites, los cuales, al menos para las corrientes, no son bien representados cerca de la costa. Por ello, se propone

la asimilación de datos de corrientes provenientes de radares de alta frecuencia, para captar la variabilidad importante en el océano costero. Este trabajo presenta los resultados de un modelo oceánico que integra la asimilación de datos de radar de alta resolución para mejorar la precisión del estado del océano. Los datos de radar de alta resolución, recopilados en la estación Xcalak, en el municipio de Quintana Roo, sirven como insumo para esta asimilación. La incorporación de estos datos de radar mejora significativamente la circulación general del dominio modelado. La importancia de mejorar la precisión en la modelación oceánica radica en los numerosos beneficios que puede aportar a diversas áreas. Una de las aplicaciones más críticas es la gestión y mitigación del sargazo pelágico, un problema creciente en las costas del Caribe Mexicano. Al integrar datos de radar de alta resolución, es posible obtener una representación más precisa de las corrientes costeras y, por ende, una predicción más fiable de los patrones de deriva del sargazo. Además, la asimilación de datos de alta resolución puede mejorar nuestra comprensión de otros fenómenos oceánicos y costeros, como el transporte de nutrientes y sedimentos, la dispersión de contaminantes y la dinámica de los ecosistemas marinos. Este trabajo también destaca la necesidad de una infraestructura adecuada para la recopilación y procesamiento de datos. La estación de radar en Xcalak representa un esfuerzo significativo en este sentido, pero es solo una parte de lo que se necesita para un monitoreo efectivo a largo plazo. La expansión de la red de estaciones de radar y la inversión en tecnología de punta son esenciales para mantener y mejorar la calidad de los datos disponibles para la modelación oceánica.

SE17-3

EVENTOS EXTREMOS, OPERADOR DE PERRON-FROBENIUS Y TOPOLOGÍA

Sheinbaum Frank Daniel
División de Física Aplicada, CICESE
daniels@cicese.mx

Una de las múltiples formas de estudiar eventos extremos como las ondas de calor es empleando técnicas de análisis funcional y teoría espectral. Daré una breve introducción a este tema y luego presentaré algunas propuestas incompletas de cómo conectarlo con el área de la topología algebraica utilizando el operador de Perron-Frobenius.

SE17-4

BLUE NATURAL CAPITAL IN MEXICAN SEAS UNDER CLIMATE CHANGE

Bastien-Olvera Bernardo A., Favoretto Fabio y Aburto-Oropeza Octavio
Scripps Institution of Oceanography, University of California San Diego
bbastien@ucsd.edu

Marine ecosystems in Mexico offer a diverse range of benefits such as marketable fish, coastal protection and tourism activities. The richness of these ocean-based values emerges from the interaction of diverse ecological and cultural landscapes. However, it is these same anthropogenic landscapes that exert additional pressures on marine ecosystems, which, along with the effects of climate change such as rising sea surface temperatures, sea level rise, and ocean acidification, further complicate these dynamics and threaten our blue natural capital. In this talk, we propose an integrative research agenda for the Mexican ocean science community: understanding how both anthropogenic and physical factors influence the behavior of blue natural capital in Mexican seas. We aim to highlight the emergent threats posed by the interplay between ocean climate dynamics and human activities, and how these interactions can undermine the value we derive from marine ecosystems. By addressing these complexities, we seek to foster collaboration, reduce uncertainties, and provide insights that can guide more informed policy decisions.

SE17-5

DYNAMICAL DOWNSCALING OF FUTURE CLIMATE FOR MEXICAN SEAS: ECOLOGICAL APPLICATIONS

Cetina Heredia Paulina¹, Estrada-Allis Sheila Natali² y García Martínez Ivonne²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE

²CICESE

pcetina@cicese.mx

Species distributions are strongly influenced by temperature and the dispersal of larvae by ocean currents; both ocean temperature and circulation have been impacted by ongoing climate change with consequences on species biogeography. For instance, climate-driven strengthening of Western Boundary Currents has been linked to warming in mid-latitudes and the tropicalisation of temperate ecosystems. Thus, devising future-proof strategies for marine resource management requires tools that allow anticipating future species distribution, and potential ecosystems shifts. Such tools include downscaling global climate change models into regional ocean models with spatial and temporal resolutions that resolve mesoscale-submesoscale processes affecting marine life (e.g., biodispersal, upwelling). In this talk I will motivate the implementation of dynamically-downscaled ocean regional models for Mexican coastlines, and give an overview of Coupled Model Intercomparison Project (CMIP) selection for downscaling.

SE17-6

EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE PROYECCIÓN CLIMÁTICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL DOWNSCALING EN LA REGIÓN DEL CARIBE Y GOLFO DE MÉXICO

Díaz-Gutiérrez David Eduardo, Allende Arandía María Eugenia y Appendini Albrechtsen Christian

Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, UNAM

ddiazg@lipc.unam.mx

Los modelos climáticos globales son esenciales para entender y predecir el comportamiento del clima a largo plazo, permitiendo la evaluación de riesgos y la planificación de medidas de adaptación. En este contexto, los datos del Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) han sido cruciales en los últimos años y su evolución ha proporcionando en la actualidad simulaciones más precisas y detalladas que mejoran la comprensión de los efectos del cambio climático. Con base en lo anterior, se hizo un análisis cualitativo y cuantitativo de los diferentes modelos del CMIP6 para tres regiones del sureste mexicano: el Golfo de México, el Caribe y la Península de Yucatán. El objetivo de este estudio es identificar climáticamente los tres modelos globales que más se apegan a la variabilidad climática de las zonas, tomando como referencia la base de datos de reanálisis del ERA5. Posteriormente se construyó un ensamble para realizar el downscaling dinámico mediante modelos acoplados (COAWST) de atmósfera (WRF) y océano (ROMS y SWAN). Finalmente, se evaluó la pertinencia de los beneficios, capacidades y alcances de la aplicación del uso de modelos acoplados en México, para el estudio regional y local de los efectos del cambio climático en procesos de interacción océano-atmósfera.

SE17-7

SIMULACIONES DE ESCALAMIENTO REGIONAL PARA EXPLORAR EL FUTURO DEL SISTEMA DE LA CORRIENTE DE CALIFORNIA

Cordero Quirós Nathali, Jacox Michael, Pozo Buil Mercedes y Bograd Steven

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE

ncordero@cigom.org

En este estudio se utilizó un ensamble de tres proyecciones de escalamiento regional bajo escenario de altas emisiones (RCP8.5) para explorar la variabilidad futura de la energía cinética turbulenta (EKE) de la corriente de California (CCS). Las simulaciones fueron realizadas utilizando tres modelos globales (HadGEM-ES, GFDL-ESM2m, and IPSL-CM5A-MR) como forzamiento para el modelo oceánico de alta resolución ROMS (~10km) y su componente biogeoquímica (NEMUCSC) para el periodo 1980-2100. En las tres simulaciones, los resultados muestran un aumento de EKE hacia finales de siglo en la región de CCS, y que es consistente con el aumento en la temperatura y estratificación. El análisis de componentes principales muestra una alta relación entre el aumento de EKE y el aumento en la frecuencia de boyancia que se utilizó como un proxy para la estratificación. Estos resultados destacan la utilidad de las simulaciones de escalamiento regional para resolver procesos que son clave para el ecosistema como lo es la energía cinética asociada al frente de la corriente de California. En un estudio paralelo, analizamos la variabilidad futura (2100) de las concentraciones de nitratos y la profundidad de la capa de mezcla en la misma simulación ROMS-NEMUCSC, ambos factores que controlan la eficiencia de los eventos de surgencia. Los resultados revelan algunas sorpresas en los mecanismos detrás de la variabilidad futura de los eventos de surgencia en el sistema de la Corriente de California, así como las fortalezas y debilidades de las proyecciones de escalamiento regional en la zona.

SE17-8

DESAFÍOS Y PERSPECTIVAS DE LA MODELACIÓN CLIMÁTICA EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

Ramos Musalem Ana Karina, Cordero Quirós Nathali y Estrada Allis Sheila Natali

División de Oceanología, CICESE

kramosmu@cicese.mx

El golfo de California, un mar semicerrado con alta productividad pesquera y una biodiversidad excepcional, representa un desafío único para la modelación climática. Su particularidad radica en su escala (~1100 km de largo y variaciones de 50 a 250 km de ancho) y su estrecha conexión con el océano Pacífico, lo que hace que su representación en modelos climáticos globales no tenga una buena resolución o quede excluido (Ej. CMIPs). Esto dificulta la aplicación de metodologías usuales de reducción de escala, tanto estadísticas como dinámicas, en esta región. En este trabajo, se hará una revisión de los esfuerzos que se han realizado hasta el momento para modelar regionalmente el Golfo de California bajo distintos escenarios climáticos futuros, así como las estrategias empleadas en la modelación de la respuesta oceánica futura en otros mares semicerrados, como el mar Báltico en el norte de Europa, el mar Adriático en el Mediterráneo y el mar Salish en el Pacífico Canadiense. Se discute cómo estas estrategias podrían ser adaptadas e implementadas en el golfo de California, contribuyendo al entendimiento y conservación de este ecosistema único.

SE17-9

EL VALOR AGREGADO DE LA MODELACIÓN ACOPLADA EN LA REDUCCIÓN DE ESCALA CLIMÁTICA SOBRE EL DOMINIO CORDEX-CAM (EXPERIMENTOS COORDINADOS DE REDUCCIÓN DE ESCALA REGIONAL-MÉXICO, CENTRO AMÉRICA Y EL CARIBE)

Andrade-Gómez Luisa¹, Cavazos Tereza¹, Coppola Erika², Farneti Riccardo², Reale Marco³, Giuliani Graziano³, Zazulie Natalia², Chakraborty Tapajyoti⁴, García-Valdecasas Ojeda Matilde⁵ y Estrada-Allis Sheila Natali¹

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE

²The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics, ICTP

³National Institute of Oceanography and Applied Geophysics, OGS-

The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics, ICTP

⁴Universidad de Granada

andrade@l@cicese.mx

En las últimas décadas, diversos estudios han mostrado que los modelos acoplados pueden mejorar la simulación de las características regionales de las componentes climáticas. El desarrollo de este tipo de modelación es sumamente importante para la simulación de mecanismos a escalas espacio temporales más finas y otros procesos de retroalimentación océano-atmósfera, lo que podría mejorar la simulación y predicción de eventos extremos como las sequías o las olas de calor. La presente propuesta persigue evaluar el valor agregado de la última versión del modelo regional climático (RegCM5) acoplado en un modelo del sistema de la tierra (RegCM-ESM; Earth System Model, por sus siglas en inglés) respecto a las simulaciones del modelo no acoplado sobre el dominio CORDEX-CAM. El método propuesto se basa en implementar el modelo de acoplamiento del océano, la atmósfera y el sistema terrestre, y evaluar las mejoras en predicción y predictibilidad de la variación espacio temporal de componentes climáticas, así como su capacidad para ser usados en estudios de predicción regional climática de eventos extremos como las sequías. Este tipo de modelación ha sido previamente evaluado sobre éste dominio con versiones anteriores del RegCM, obteniendo mejoras en las componentes meteorológicas y oceánicas y, en otros dominios CORDEX, donde ha demostrado ser una potente herramienta para el desarrollo de la modelación océano-atmósfera-continente y el desarrollo de estudios para el entendimiento de los mecanismos de interacción aire-mar a escalas más finas.

Sesión especial

INVESTIGACIONES EN BIOGEOCIENCIAS PARA EL ESTUDIO DE ECOSISTEMAS EN MÉXICO - LNC MEXFLUX

Organizadores

Tonantzin Tarin
Lyssette E. Muñoz-Villers
Enrico Arturo Yépez

SE18-1

UN CAPÍTULO EN LAS BIOGEOCIENCIAS DE MÉXICO, IN MEMORIAM JOSÉ TULIO ARREDONDO MORENO

Yépez Enrico A.^{1,2}, Rodríguez Robles Ulises³, Delgado Balbuena Josué⁴ y Pérez Suárez Marlin⁵¹Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON²Laboratorio Nacional Conahcyt: MexFlux³Universidad de Guadalajara⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP⁵Universidad Autónoma del Estado de México

eyepez@itson.edu.mx

José Tulio Arredondo Moreno (1957-2024), fue Ingeniero Agrónomo por la Universidad de Guanajuato, con una Maestría en Ciencias en Botánica por el Colegio de Postgraduados, y un Doctorado en Ecología y Manejo de Agostaderos por la Universidad Estatal de Utah, EUA. Realizó una Estancia posdoctoral en la Universidad Tecnológica de Munich, Alemania y una Estancia de investigación en la Universidad de Buenos Aires, Argentina. Como investigador titular en la División de Ciencias Ambientales del Instituto Potosino de Investigación en Ciencia y Tecnológica (2001-2021), Tulio centró sus intereses de investigación en comprender los procesos biológicos, químicos y físicos de la vida terrestre, así como sus interacciones entre la Atmósfera, Biósfera, Hidrósfera y Geósfera. Este enfoque lo convirtió en pionero del desarrollo de las Biogeociencias en México. Estableció un programa de monitoreo a largo plazo en un pastizal semiárido (Gracilis) del altiplano mexicano, ecosistema al que le tenía especial aprecio y forjó un sitio fundamental de MexFlux. En 2014, junto con sus estudiantes, montó un laboratorio de isótopos estables para el estudiar y enseñar sobre los efectos del cambio ambiental global en los ecosistemas. Más tarde, integró instrumentación y metodologías de la geofísica en su quehacer científico. Esta combinación de tecnologías permitió cuantificar el intercambio de gases en suelos, plantas y ecosistemas, determinar el ciclo de elementos y trazar procesos eco-hidrológicos con isótopos estables, definir nichos geocohidrológicos con georadars, comprender procesos ecofisiológicos de las plantas, todo ello con la única ambición de abonar a la resolución de problemas multiescalares en ecosistemas y con ello a la conservación de los recursos naturales de nuestro país. Dentro de las biogeociencias publicó ampliamente sobre biogeoquímica de pastizales y bosques semiáridos, intercambio de masa y energía de la biósfera-atmósfera, eco-hidrología, estudios experimentales manipulativos de cambio climático en ecosistemas naturales y agricultura de temporal. Más recientemente, puso atención al fenómeno de la mortandad forestal global, proponiendo al sustrato geológico como un posible factor detonante en la incidencia del decaimiento forestal. Las contribuciones de Tulio en las biogeociencias en México tuvieron un impacto significativo. Logró catapultar el desarrollo de esta multidisciplinaria coordinando investigaciones con preguntas científicas disruptivas que fueron el común denominador en su aporte a la formación de recursos humanos en el país. En esta participación, sus colegas y amigos presentaremos una breve reseña de algunos de sus hallazgos científicos más importantes, rindiendo homenaje a su legado y contribución a la ciencia.

SE18-2 PLÁTICA INVITADA

DE LA ECOLOGÍA A LA GEOFÍSICA: ENFOQUES INTERDISCIPLINARIOS EN EL ESTUDIO DE ECOSISTEMAS FORESTALES

Rodríguez Robles Ulises¹ y Arredondo Moreno José Tulio²¹Universidad de Guadalajara²Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
ulises.rodriguez@academicos.udg.mx

Las herramientas tradicionales de las disciplinas ambientales ya no son suficientes para comprender los fenómenos de la Era Geológica del Antropoceno, como el cambio ambiental global. Afortunadamente, han surgido dos factores clave que han

impulsado el desarrollo de disciplinas multidisciplinarias: el avance de la tecnología aplicada al diseño de instrumentación ambiental y la necesidad de colaboración interdisciplinaria. En este trabajo, destacamos cómo las BIOGEOCIENCIAS han integrado conocimientos de diversas disciplinas, cada una aportando sus métodos y herramientas para comprender procesos biológicos y fenómenos ambientales que detonan en los bosques. Este enfoque integrador, interdisciplinario y multiescalar ha abierto nuevos horizontes para la investigación. Por ejemplo, nos ha permitido comprender cómo los pinos y encinos coexisten en un bosque semiárido, donde el agua y el suelo son los factores limitantes, o el rol que desencadena el sustrato geológico en los procesos de decadencia y muerte forestal. Tecnologías como el radar de penetración terrestre (georadar), el tomógrafo de resistividad eléctrica del subsuelo, el tomógrafo sónico de árboles y los marcadores isotópicos nos han permitido cruzar disciplinas y escalas de manera efectiva. Estas herramientas tecnológicas no solo facilitan la recopilación de datos, sino que también permiten una visión más completa y detallada del funcionamiento de los bosques. El georadar nos ayuda a visualizar las estructuras subterráneas, las raíces de los árboles y comprender las dinámicas del suelo y el agua en los bosques. Las tomografías de resistividad eléctrica revelan variaciones en la humedad del suelo y la composición geológica, cruciales para definir nichos geocohidrológicos que promueven la coexistencia de los árboles cuando hay baja disponibilidad de agua superficial. El tomógrafo sónico de árboles permite evaluar la salud estructural de los árboles, identificando áreas de deterioro como agrietamiento, huecos, pudrición que no son visibles externamente. Los marcadores isotópicos, por su parte, proporcionan información sobre los ciclos biogeoquímicos, trazando procesos geocohidrológicos para el entendimiento de bosques con suelos complejos. La integración de estos métodos y herramientas tecnológicas ha facilitado un enfoque holístico y detallado en la investigación de los bosques, permitiéndonos abordar preguntas complejas sobre los mecanismos fisiológicos de los árboles y proponer estrategias de conservación y manejo más efectivas. Además, la colaboración interdisciplinaria ha sido fundamental para superar las limitaciones de las disciplinas individuales, promoviendo una visión más completa y sistémica de los fenómenos ambientales globales.

SE18-3

EL LNC-MEXFLUX: IMPULSANDO LAS BIOGEOCIENCIAS PARA EL ESTUDIO DE ECOSISTEMAS EN MÉXICO

Alvarado Barrientos María Susana¹, Bullock Stephen², Cervantes Jiménez Mónica³, Cueva Rodríguez Alejandro⁴, Delgado Balbuena Josué⁵, Figueroa Espinoza Bernardo⁶, Flores Rentería Dulce⁷, González del Castillo Ma. Eugenia⁸, Hinojo Hinojo César⁹, Holwerda Friso¹⁰, Pérez Ruiz Eli Rafael¹¹, Sánchez Mejía Zulia M.¹², Tarin Terrazas Tonantzin¹³, Villarreal Samuel¹⁴ y Yépez Enrico A.¹⁵

¹Instituto de Ecología, A.C. (INECOL)²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, CICESE³Universidad Autónoma de Querétaro⁴El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa⁵Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Agricultura Familiar, INIFAP⁶Instituto de Ingeniería, UNAM⁷Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, IPN⁸Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM⁹Universidad de Sonora¹⁰Universidad Autónoma de Ciudad Juárez¹¹Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON¹²Instituto de Ecología, UNAM¹³Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C.

susana.alvarado@inecol.mx

En esta ponencia presentaremos a MexFlux, la red científica recientemente reconocida como Laboratorio Nacional Conahcyt, dedicada al estudio de los flujos de energía, agua y gases de efecto invernadero entre la superficie Terrestre y la atmósfera, principalmente a través del monitoreo continuo con instrumentos de alta resolución temporal instalados en ecosistemas estratégicos de México. Desde 2011, MexFlux ha articulado los esfuerzos de más de 30 investigadores,

técnicos, y estudiantes, e infraestructura de más de una decena de instituciones académicas mexicanas. Los datos y el conocimiento que se han generado, y que potencialmente se puede generar en el futuro, son cruciales para entender el papel de los ecosistemas (tanto naturales como antropizados) en la disponibilidad de agua, y la mitigación y adaptación al cambio climático, así como para incidir en la toma de decisiones sobre los efectos hidrológicos y climáticos de distintos tipos e intensidades del uso y cobertura del suelo. Asimismo, el monitoreo continuo in situ de los flujos superficie-atmósfera es fundamental para comprender las implicaciones del cambio climático sobre las funciones de los ecosistemas y sus componentes. MexFlux es el referente nacional de observación directa de flujos ecosistémicos, y es parte del consorcio continental AmeriFlux y de la red global FLUXNET. Entre los objetivos del LNC-MexFlux están: garantizar la continua operación de los observatorios de campo; promover el establecimiento de nuevos observatorios; fortalecer a la comunidad académica a través de cursos y talleres que faciliten el aprendizaje e implementación teórico/técnico del monitoreo de flujos ecosistémicos; y, facilitar la utilización del conocimiento generado a entidades gubernamentales y de la sociedad civil para la toma de decisiones sobre el diseño, implementación, monitoreo, y verificación de soluciones climáticas basadas en la naturaleza. Finalmente invitamos a otros miembros de la comunidad de la Unión Geofísica Mexicana a conocer los observatorios MexFlux y unir fuerzas para avanzar en el conocimiento de los flujos ecosistémicos en México y Latinoamérica.

SE18-4 PLÁTICA INVITADA

INTERCAMBIO NETO DE CO₂ DE UN MANGLAR DE CUENCA DE YUCATÁN DOMINADO POR LA RESPIRACIÓN DEL ECOSISTEMA

Uuh Sonda Jorge M.¹, Valenzuela Partida Julián¹, Sánchez Mejía Zulía M.¹, Figueroa Espinoza Bernardo², Méndez Barroso Luis A.¹ y Yépez Enrico A.¹

¹Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON
²Instituto de Ingeniería, UNAM, campus Sisal, Yucatán
jorge.uuh.sonda@gmail.com

Los manglares son reconocidos por el papel que desempeñan en la captura y almacén de Carbono atmosférico. Amplios son los esfuerzos por entender los procesos en sus almacenes, pero poco se ha estudiado el intercambio vertical del CO₂ entre estos ecosistemas y la atmósfera. Esto principalmente a los retos y costos que implican el monitoreo de estos sistemas costeros. En México, algunos esfuerzos se han realizado con el fin de tener sistemas de monitoreo en manglares. Uno de ellos es el efectuado en el noroeste de Yucatán, donde desde marzo de 2022 se implementó un sistema de monitoreo ecohidrológico, con un sistema de Covarianza de Vórtices, dentro de un manglar de cuenca del Ejido Sisal. Dicho sitio ha proporcionado datos del Intercambio Neto de CO₂ del Ecosistema (NEE) y varias variables biometeorológicas por cerca de 14 meses. La NEE diaria de este ecosistema muestra una dinámica singular, donde una parte del tiempo se presentan valores muy positivos, mientras que en el resto del tiempo sus valores suelen ser más neutrales o ligeramente negativos, contrario a lo observado en otros manglares donde la NEE diaria muestra una tendencia más negativa. Es decir, este manglar, al menos durante este periodo, se comportó como una fuente moderada de CO₂ (53.4 gc/m²/yr) y no como un sumidero. Al analizar el comportamiento diurno y nocturno de la NEE se observa magnitudes muy positivas en ambos casos, así como una variabilidad similar entre ellos, sugiriendo que la responsable del comportamiento netamente positivo es la respiración del ecosistema. Un análisis de distribución de datos muestra que los valores más positivos de NEE ocurren cuando se tienen los niveles de inundación más bajos (suelos descubiertos) y las temperaturas más elevadas (i.e. los meses secos). Bajo esta premisa, se realizó una partición de NEE, con ayuda de redes neuronales, para obtener sus dos componentes principales: productividad primaria bruta (GPP) y Respiración del ecosistema (Reco). Las series de tiempo de estas componentes muestra que la Reco domina sobre la GPP en los meses secos. Durante el periodo de lluvias los suelos reciben un gran aporte de agua dulce por lo que sus niveles de inundación aumentan y la GPP crece en magnitud hasta igualar o ligeramente sobrepasar a la Reco, decayendo finalmente hacia los meses secos. El valor anual de GPP para este ecosistema (2,664.3 gc/m²/yr) es similar a lo reportado en otro manglar de cuenca de la Península de Yucatán, por lo que no se tiene indicios de que el comportamiento de fuente se deba a una disminución de la productividad de ecosistema. Por otro lado, el valor anual de la Reco (2,717.7 gc/m²/yr) se muestra muy elevado y similar a la de la GPP, siendo la razón de tener una NEE muy positiva. Este trabajo aporta evidencia de que, la dinámica de la NEE de este manglar está dominado por los procesos de la Reco que se ven beneficiados frente a suelos descubiertos y temperaturas elevadas.

SE18-5

EXAMINANDO LA COMPLEMENTARIEDAD INHERENTE EN EL USO DEL AGUA ENTRE DIFERENTES VARIEDADES Y EDADES DE CAFÉ ARÁBICA Y ÁRBOLES DE SOMBRA EN UN AGROECOSISTEMA DIVERSO Y ORGÁNICO EN MÉXICO

Muñoz Villers Lyssette Elena¹, Holwerda Friso¹, Alvarado Barrientos María Susana², Geris Josie³ y Dawson Todd⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México
²Instituto de Ecología, A.C. (INECOL)
³Universidad de Aberdeen
⁴University of California, Berkeley
lyssette.munoz@atmosfera.unam.mx

Los sistemas agroforestales tradicionales de café arábica son cada vez más reconocidos como una práctica agrícola sostenible debido a sus beneficios ecológicos y socioeconómicos, y su resiliencia al cambio climático. Aunado a esto, la producción de café orgánico se ha expandido en las últimas décadas en México, representando una alternativa cada vez más rentable. Sin embargo, se desconoce si el cultivo de café y los árboles de sombra son o no complementarios en sus estrategias de uso de agua en estos agroecosistemas. Por tanto, este estudio investigó las contribuciones relativas y absolutas de extracción de agua en cafetos y árboles durante la temporada seca en una plantación bajo manejo orgánico en Veracruz, caracterizada por un dosel de sombra denso y diverso. Se utilizó el modelo Bayesiano de mezcla MixSIAR basado en información isotópica para determinar el uso proporcional de las distintas fuentes de agua en tres variedades y edades de café arábica y en cinco especies de árboles de sombra. Las correspondientes cantidades absolutas de extracción de agua para el nivel de cafetos y de árboles, fue calculado empleando estimaciones de transpiración obtenidas a partir de mediciones micrometeorológicas (eddy covariance y renovación superficial) y ecofisiológicas. La respuesta estomática de cada variedad y edad de café a las condiciones microclimáticas y de humedad del suelo se examinó utilizando el modelo de conductancia Jarvis-Stewart. Los patrones de extracción relativa y absoluta de agua observados proporcionaron evidencia de complementariedad en el uso de los recursos de agua en el subsuelo entre las plantas de café y los árboles de sombra durante la temporada de secas. Los resultados también mostraron que la fuente principal de agua del café fue la capa más superficial del suelo (< 5 cm de profundidad; 44-56%), sin observarse diferencias significativas entre variedades de café y edades. Los datos mostraron que el rocío fue una entrada de agua importante en la superficie y determinante también para el cultivo. Las plantas de café más jóvenes (5-20 años de edad) mostraron mayor sensibilidad a la reducción de la humedad en el suelo y limitación del agua disponible durante el periodo más seco del estudio, comparado con los cafetos de mayor edad (~80 años). En cuanto a los árboles de sombra, sus fuentes principales de agua provinieron de capas más profundas del suelo (60 a 120 cm; 45-69%), habiendo diferencias en la profundidad de extracción de agua entre las especies estudiadas, lo que muestra el potencial de minimizar la competencia por el agua llevando a cabo una selección de las mismas. Por último, este estudio encontró que la contribución de fuentes de agua subterránea a la transpiración aumenta conforme el tamaño de los árboles se incrementa. En conjunto, estos resultados permitieron avanzar el conocimiento sobre la partición de las fuentes de agua en sistemas agroforestales tradicionales bajo manejo orgánico, y contribuyen a apoyar la toma de decisiones sobre el manejo de la tierra y los recursos hídricos en entornos agrícolas para hacer frente a los retos ambientales del siglo XXI.

SE18-6

MONITOREO DE LA PRODUCCIÓN Y LA COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DEL ROCÍO EN DOSELES DE TRIGO EN EL VALLE DEL YAQUI, MÉXICO

Reyes-Hernández Mayte F.¹, Sánchez-Mejía Zulía M.^{1,2}, Pinto R. Suzuki¹, Garatuzza-Payán Jaime^{1,2} y Yépez Enrico A.^{1,2}

¹Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON
²Laboratorio Nacional Conahcyt: MexFlux
mayte.reyes205502@potros.itson.edu.mx

El agua es un recurso natural imprescindible para el desarrollo de los ecosistemas y la vegetación. Las demandas hídricas de las plantas pueden satisfacerse a través del agua procedente de la precipitación, agua subterránea y aplicación de riegos, no obstante, también puede haber una aportación importante proveniente de la condensación atmosférica. La generación de rocío en los doseles de las plantas es un proceso ubicuo, sin embargo, las implicaciones de este subsidio hídrico no son claras en cultivos altamente tecnificados, como el cultivo de trigo en el Valle del Yaqui en Sonora, México. En agroecosistemas semiáridos, el manejo eficiente de los recursos hídricos es crucial para maximizar el rendimiento y minimizar el consumo del agua. Debido a que en estos agroecosistemas el agua se presenta como un factor limitante, cuantificar la producción de rocío es de suma importancia, para su consideración dentro del balance hídrico y en la planeación de sistemas de riego eficientes. En el presente trabajo, se utilizaron sensores dieléctricos ("leaf-wetness sensors"), para caracterizar la producción de rocío y la duración de la cobertura de agua en los doseles de trigo, con el fin de comprender los procesos hidrometeorológicos involucrados en la generación de este subsidio atmosférico

durante el ciclo agrícola de trigo 2023-2024, asimismo se determinó la composición isotópica del rocío depositado sobre el dosel del cultivo de trigo (DeltaO18), con el propósito de explorar la potencial contribución del reciclaje de agua de riego en la condensación depositada sobre el dosel. Resultados preliminares sugieren que el rocío registró un periodo de permanencia sobre dosel de entre 0.5 y 11 horas durante noches tranquilas (6 p.m. - 6 a.m.; Vel. viento entre 0.8-1.7 m/s) cuando la atmósfera se encontraba entre 75-90 % de humedad relativa. En periodos semanales, en promedio se obtuvo una producción de rocío de 0.07 a 0.7 mm/día acumulando aproximadamente 40 mm durante todo el ciclo agrícola del cultivo (102 días), lo que equivale a la cantidad aplicada en un riego ligero. Notablemente los valores más altos de condensación se observaron después de los riegos de auxilio, mientras que los valores más bajos sucedieron durante la etapa fenológica de floración, cuando la velocidad de viento alcanzó sus valores más bajos. La composición isotópica del rocío mostró valores más enriquecidos de DeltaO18 con rangos de -0.9 a 3.5 permil durante los periodos con menor condensación, por el contrario, cuando la condensación del rocío fue evidente sobre el dosel, la composición isotópica fue más empobrecida con valores entre -1.6 a 0.6 permil, sugiriendo que la evaporación del agua en el suelo podría contribuir significativamente en la formación de rocío en los doseses de trigo en el Valle del Yaqui. Investigaciones futuras deberán abocarse a comprender las implicaciones de la condensación de agua en el cultivo de trigo.

SE18-7

CINCO AÑOS DE FLUJOS SUPERFICIE-ATMÓSFERA EN UN CAMPUS UNIVERSITARIO DE CIUDAD JUÁREZ: VARIABILIDAD ESTACIONAL E INTERANUAL

Pérez Ruiz Elí Rafael¹, Vázquez Gálvez Felipe Adrián¹, Hernández García Yazmin Guadalupe¹, Flores Tavizón Edith¹ y Ortíz Álvarez José Abraham²

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

²Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
eli.perez@uacj.mx

Las transformaciones en la superficie terrestre debido al aumento de la urbanización afectan de manera considerable las interacciones entre la superficie y la atmósfera. Esto se debe, en gran parte, a la sustitución de elementos naturales por materiales con mayor capacidad térmica y menor permeabilidad, así como al desequilibrio entre las fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero y energía. En este estudio, se analizó la variabilidad estacional e interanual de los flujos de carbono, vapor de agua y energía en un campus universitario en Ciudad Juárez, México (MX-lit: Instituto de Ingeniería y Tecnología - UACJ), con el objetivo de comprender la dinámica de estos flujos en entornos urbanos. El sitio está equipado con un sistema de covarianza de vórtices (Eddy Covariance, EC), instalado a una altura de aproximadamente 22 metros, que incluye un anemómetro sónico tridimensional para medir la velocidad, dirección y temperatura del viento, y un analizador de gases infrarrojo para medir las concentraciones de CO₂ y vapor de agua, junto con equipo meteorológico auxiliar. El periodo de medición abarca desde enero de 2020 hasta octubre de 2024. Se obtuvieron ciclos diarios y valores diarios de flujos para todo el periodo de estudio y las cuatro estaciones. Durante las estaciones frías (otoño e invierno), los flujos de carbono y energía se vieron influenciados por el elevado consumo de gas natural, mostrando emisiones de carbono y bajos flujos de calor, lo que dominó el comportamiento durante ese tiempo. En contraste, se observaron niveles elevados de flujos de energía durante las estaciones cálidas (primavera y verano), debido no solo al incremento de la temperatura, sino también al aumento de los flujos de agua generado por el reverdecimiento de la vegetación y el riego constante de las áreas verdes. Esto permitió que, en periodos prolongados, la actividad de la vegetación compensara las emisiones de carbono, especialmente en estaciones con menor actividad antropogénica. Las emisiones disminuyeron durante la cuarentena de 2020-21 debido a la pandemia de COVID-19. Los resultados en este ecosistema urbano revelan un efecto combinado de factores antropogénicos y naturales en la dinámica de los flujos, así como un impacto significativo de la pandemia; sin embargo, aún es necesario un análisis más profundo para identificar patrones de comportamiento más claros y entender mejor los factores que controlan los flujos.

SE18-8

VARIABILIDAD Y GRADIENTES DE CO₂ EN LA CIUDAD DE MÉXICO: COMPARACIÓN DE MEDICIONES IN SITU Y MODELACIÓN DE ALTA RESOLUCIÓN

Porras Reza Sandra¹, González del Castillo Eugenia², López Anton Omar A.², Arredondo Palacios Thania E.¹, García Reynoso José Agustín¹, Laurent Olivier³, Ramonet Michel³, Delmotte Marc³ y Grutter Michel²

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

³Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE), Université Paris-Saclay, Gif-sur-Yvette, Francia
sandra.rpz@ciencias.unam.mx

Los inventarios de emisiones constituyen la principal fuente de información sobre la distribución espacial y temporal de fuentes y sumideros de CO₂ en ambientes urbanos. En numerosas ciudades del mundo, el impacto de las políticas públicas de mitigación se evalúa convencionalmente a través de inventarios, los cuales por naturaleza se encuentran sujetos a una incertidumbre alta y a actualizaciones poco frecuentes. En este trabajo reportamos los resultados de una pequeña red de sistemas de microsensors (SuS) de CO₂ de mediano costo instalados en la

Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), con el propósito de cuantificar directamente los gradientes y la variabilidad de la fracción molar de CO₂ atmosférico en la ciudad. Las mediciones obtenidas se compararon con los resultados de un modelo de simulación de transporte 3D de alta resolución (WRF-Chem), prescrito con datos de mapas de emisiones de CO₂ basados en inventarios. Se construyeron un total de 13 SuS. Cada uno de ellos comprende cuatro subsistemas: 1) elementos neumáticos; 2) microsensors de mediano costo no dispersivos en el infrarrojo (NDIR) para CO₂ (HPP3, SenseAir AB, Delsbo, Suecia) y sensores de bajo costo de temperatura y humedad relativa del aire; 3) componentes de adquisición, procesamiento, almacenamiento de datos y comunicaciones; y 4) un sistema de alimentación de energía de corriente directa que incluye un banco de baterías de respaldo hasta por 6 horas de operación continua. Para caracterizar el desempeño de los SuS, se co-localizaron junto a un monitor de referencia Picarro G2401 (Picarro Inc., Santa Clara, CA, EUA), y se compararon las fracciones molares de CO₂ reportadas por los SuS con respecto a las proporcionadas por el instrumento de referencia. Se desarrolló una calibración específica para cada SuS empleando una regresión lineal multivariada que incluyó el efecto de la temperatura, la humedad relativa y la presión barométrica del aire. La regresión multivariada resultó en errores cuadráticos medios (RMSE) entre 1.2 y 3.4 ppm, lo que representa hasta un 43% de reducción en el RMSE de una regresión simple, tomando como referencia las fracciones molares del analizador Picarro debidamente calibrado. Seis SuS fueron situados en distintos puntos de la ZMVM, y las concentraciones reportadas por los mismos fueron comparadas contra las producidas por el modelo WRF-Chem de mesoescala, alimentado con datos del inventario de emisiones 2016. Las concentraciones simuladas por el modelo fueron más cercanas a las reportadas por los SuS en sitios de topografía plana, y menos similares en sitios de relieve complejo y áreas de la periferia urbana. Esta investigación demuestra la factibilidad del uso de una red de monitoreo de superficie de mediano costo para capturar la variabilidad de la distribución de fuentes y sumideros de CO₂ en una megalópolis, así como su utilidad para detectar los patrones resultantes de procesos de crecimiento acelerado en determinadas zonas, y contribuir a una actualización más dinámica de los inventarios de emisiones.

SE18-9

ECOSISTEMAS AGROFORESTALES DE ZONAS ÁRIDAS COMO LABORATORIOS DE LA SENSIBILIDAD DE LOS ÁRBOLES A LA SEQUÍA Y AL ESTRÉS TÉRMICO: ¿QUÉ NOS REVELAN SU CRECIMIENTO Y ADAPTACIONES FISIOLÓGICAS SOBRE SUS DINÁMICAS DE USO DE AGUA Y CARBONO?

Gutiérrez Jurado Hugo¹, Ochoa Rivero Jesús², Castruita Esparza Luis Ubaldo³, Esquivel Herrera Katya¹, Alvarez Holguin Alan¹, Villareal Guerrero Federico³ y Mauritz-Touzer Marguerite¹

¹The University of Texas at El Paso, UTEP

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP

³Universidad Autónoma de Chihuahua
hagutierrez@utep.edu

La influencia de la humedad del suelo en la capacidad de los bosques para transpirar y asimilar CO₂ esta ampliamente documentada. Sin embargo, la disponibilidad de humedad es a su vez modulada por las propiedades del suelo y las condiciones atmosféricas (e.g. la luz solar, la humedad del aire y la temperatura) y en su conjunto impactan en la dinámica del ciclo del agua y el carbono de los bosques. En bosques naturales, todas estas variables dependen de los patrones climáticos de las regiones donde crecen. Sin embargo, en los ecosistemas agroforestales de zonas áridas (EAZAs), los árboles están altamente subsidiados de agua y nutrientes, y su capacidad para crecer y transpirar depende más de su sensibilidad a las condiciones atmosféricas y las condiciones del sustrato donde crecen. En este estudio investigamos las expresiones de largo y corto plazo del crecimiento de los árboles y sus rasgos fisiológicos en EAZAs del norte de México y sur de Estados Unidos, para evaluar los impactos de la sequía y el calor en su dinámica de uso de agua y asimilación de carbono. Recolectamos y analizamos 180 núcleos de árboles de Nogales pecaneros (*Carya illinoensis*) en huertos establecidos en el desierto Chihuahuense y evaluamos sus patrones de crecimiento frente a eventos de sequía. Los índices de ancho de anillo de todos los EAZAs muestreados revelan pronunciadas disminuciones en los patrones de crecimiento que coinciden con largas sequías a pesar de mantener condiciones favorables de humedad provenientes del riego a lo largo de los años. Además, los patrones de crecimiento observados en los EAZAs se asemejan en temporalidad y magnitud, a los de los bosques naturales en las mismas regiones geográficas, mostrando un desfase entre los aumentos de crecimiento y las condiciones atmosféricas más húmedas y templadas. Para investigar las razones detrás de los desfases observados, continuamos realizando campañas de campo para monitorear los patrones de uso del agua en los EAZAs y sus adaptaciones fisiológicas a las variaciones interanuales de los patrones climáticos regionales. Este trabajo presenta un análisis sobre los datos más recientes recopilados y las implicaciones sobre la dinámica del ciclo del agua y el carbono de estos ecosistemas agroforestales frente a escenarios continuos de sequías y olas de calor en la región norte de México y sur de Estados Unidos.

SE18-10

LA REPRESENTATIVIDAD DE FLUXNET Y EL PAPEL DE MEXFLUX

Vargas Rodrigo y Le Huong
University of Delaware, UD
rvargas@udel.edu

FLUXNET es la red global de mediciones de correlación turbulenta. Se asume que FLUXNET es una red global pero esta no es una red que represente la realidad global. Esta presentación discutirá la representatividad de la red FLUXNET en el contexto de productividad primaria bruta (GPP) y evapotranspiración (ET) a nivel global. Los resultados demuestran que esta red no representa al realidad global, la información está sesgada, y limita la modelación de GPP y ET a nivel global. Así mismo, esta presentación discutirá el papel que juega MexFlux dentro de FLUXNET y la representatividad de MexFlux en GPP y ET dentro de Mexico.

SE18-11 CARTEL

VARIABILIDAD DE LOS PRINCIPALES FLUJOS DE CARBONO, AGUA Y ENERGÍA EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Grutter Michel¹, González del Castillo Eugenia¹, Beramendi Laura², Figueroa Bernardo³, Uuh Jorge⁴, Espinosa María de la Luz⁵, Salazar Adán⁶, Mendoza Jorge⁶, Stremme Wolfgang¹, Cadena Adriana¹, Bezanilla Alejandro¹, Porras Sandra¹, Arellano Hernández Edgar Josué¹, Tarin Tonantzin⁷ y Cueva Alejandro⁸

¹Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

³Instituto de Ingeniería, UNAM

⁴Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

⁵Agencia Espacial Mexicana

⁶El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Campeche

⁷Instituto de Ecología, UNAM

⁸El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa

grutter@unam.mx

Se presenta un proyecto propuesto por un grupo multidisciplinario para abordar este tema tan importante para la Península de Yucatán que tiene rápidos niveles de transformación en la actualidad, principalmente por el desarrollo de actividades económicas. Con la infraestructura de este grupo de trabajo, y con la reciente instalación del Observatorio Mexicano del Clima y la Composición Atmosférica en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, se emplean una amplia gama de metodologías para estudiar los principales flujos verticales de carbono, agua y energía en el continuo suelo-vegetación-atmósfera de dos selvas con diferentes características eco-climáticas de la Península de Yucatán. Se plantea utilizar de técnicas en el estado del arte, tanto analíticas como de la percepción remota e intercambio de gases, para poder desagregar las contribuciones relativas de los diferentes flujos y comprender su variabilidad tanto temporal como espacial. En esta estrategia de investigación se propone un análisis detallado del papel que tienen los suelos en esta región a través de sus características biogeoquímicas, la identificación del origen y tiempo de residencia de las emisiones con isótopos estables y radiocarbono, y el estudio dinámico del intercambio de gases entre la vegetación y la atmósfera en los dos extremos del gradiente eco-climático con técnicas micrometeorológicas. Finalmente, se busca ligar la información local a una escala más regional haciendo uso de técnicas espectroscópicas para la observación y monitoreo de columnas de gases, tanto desde la superficie como desde plataformas satelitales, y así poder evaluar e interpretar de mejor manera las estimaciones que proveen algunos productos disponibles sobre la productividad primaria bruta, la respiración, la evapotranspiración y el intercambio neto de gases del ecosistema, entre otros. Además que los resultados del proyecto serán accesible al público general, se generará información cuantitativa útil a las comunidades para fines de conservación y divulgación.

SE18-12 CARTEL

RESPUESTA DE LOS COMPONENTES DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN Y LA HUMEDAD DEL SUELO EN UN AGROSISTEMA EN EL VALLE DEL YAQUI

Luque Apodaca Heira Luz¹, Yépez Enrico A.^{1,2}, Méndez-Barroso Luis A.¹, Uuh Sonda Jorge M.¹, Garatuza-Payán Jaime^{1,2} y Sánchez Mejía Zulia M.^{1,2}

¹Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

²Laboratorio Nacional Conahcyt: MexFlux

heira.luque207737@potros.itson.edu.mx

El manejo eficiente del agua en la agricultura es un tema crucial, especialmente en regiones semiáridas en donde el riego es la única forma de sostener la producción de cultivos. En el Valle del Yaqui (Sonora) el riego por inundación es una práctica común, lo que representa varios retos en términos de eficiencia y sostenibilidad. Las pérdidas significativas de agua debido a la evaporación y la escorrentía son problemas reconocidos, lo que ha llevado a la necesidad de explorar métodos más precisos y tecnológicos para mejorar la gestión del agua en la agricultura. En este contexto, se ha establecido el Observatorio Ecohidrológico del Valle del Yaqui (OEYV) en colaboración con el Patronato para la Investigación y Experimentación Agrícola del Estado de Sonora A.C. (PIEAES A.C.) y forma parte del Laboratorio

Nacional CONAHCYT MexFlux. El OEYV está instrumentado con un sistema de covarianza de vórtices (Eddy Covariance) que mide datos de alta frecuencia y es la técnica que cuantifica la evapotranspiración real (ET). Por otro lado, además se cuenta con meteorología básica y un Sensor de Neutrones de Rayos Cósmicos (CRNS) que se utiliza para estimar el contenido volumétrico de agua (CVA) en el suelo a escala de varias decenas de metros, una variable crucial para entender la dinámica del agua en la zona radicular de los cultivos. En este estudio posterior a procesamiento y control de calidad (QA/QC), los datos se procesaron con el modelo underlying water use efficiency (uWUE, por sus siglas en inglés) para particionar la evapotranspiración en sus componentes de transpiración (T) y evaporación (E). Durante el ciclo de trigo invierno-primavera 2024, se han observado patrones específicos en el comportamiento de la humedad del suelo y la respuesta de los cultivos. Por ejemplo, después de cada evento de riego, el CVA en el suelo aumentó a ~45% y al decaer el CVA llegó a ~15%. Caracterizar esta dinámica es fundamental para los agricultores, ya que permite ajustar los tiempos y cantidades de riego para optimizar el uso del agua. El patrón de ET se caracteriza por ser bajo al principio del cultivo con 2.5 mm de pérdida, durante la máxima ET alcanza 7.5 mm y al finalizar el cultivo es de 1 mm. La transpiración es nula al principio del cultivo mientras que la E es de 2.5 mm, al crecer el trigo la T es mayor que la E alcanzando valores de hasta 4.5 mm. En este enfoque se combinan tecnologías avanzadas y modelación para describir las dinámicas de uso del agua en cultivos de trigo, como trabajo futuro se plantea observar más ciclos para ver el comportamiento de la humedad del suelo y si el modelo se mantiene, además de analizar las variables micrometeorológicas que influyen en estos procesos.

SE18-13 CARTEL

SOMBREADO DE LA SUPERFICIE TERRESTRE: IMPACTO DEL ECLIPSE SOLAR DE ABRIL 2024 EN EL TRIGO DEL VALLE DEL YAQUI

Sánchez Mejía Zulia Mayari^{1,2}, Yépez Enrico A.^{1,2} y Garatuza Payán Jaime^{1,2}

¹Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

²Laboratorio Nacional Conahcyt: MexFlux

zulia.sanchez@itson.edu.mx

El 8 de abril del 2024 ocurrió un fenómeno celeste de relevancia para las biogeociencias, un eclipse total que comenzó su trayectoria en las costas de Mazatlán y recorrió parte del territorio mexicano, estadounidense y canadiense. En el Valle del Yaqui (Sonora), el fenómeno comenzó a observarse a las 10:07 am y terminó a las 12:19 pm, la cobertura del eclipse alcanzó un 86% a las 11:13 am y duró por 8 min. En México los eclipses han sido registrados desde tiempos precolombinos en códices, y a través de representaciones y tradiciones culturales. Sin embargo, poco se ha analizado en cuanto al efecto que tienen dichos fenómenos celestes en interacciones superficie de la tierra - atmósfera y en la biogeoquímica de los ecosistemas. El Observatorio Ecohidrológico del Valle del Yaqui (OEYV), ubicado en el campo experimental del Patronato para la Investigación y Experimentación Agrícola del Estado de Sonora A.C. (PIEAES A.C.) que conforma parte del Laboratorio Nacional Conahcyt MexFlux registró lo sucedido durante el eclipse. El objetivo de esta investigación es documentar los cambios en parámetros micrometeorológicos y la respuesta del trigo a través del flujo del CO₂ a escala ecosistema. Detectamos que durante el eclipse la radiación solar disminuyó en un 80 %, dicha disminución tuvo un efecto en la longitud de onda larga reflejada que disminuyó desde 450 Wm⁻² a 415 Wm⁻². Como consecuencia, también se observó una disminución en el flujo de calor latente y sensible en un 50%. Como era de esperarse la vegetación respondió a la falta de radiación solar y el flujo de CO₂ se fue de -25 μ mol CO₂ m⁻² s⁻² a -5 μ mol CO₂ m⁻² s⁻² lo que indica una respuesta rápida de la vegetación y potencialmente un desequilibrio fisiológico. Los observatorios del LNC MexFlux ofrecen una oportunidad única para documentar y estudiar fenómenos extraordinarios como el eclipse, climáticos atípicos, y/o eventos inesperados que influyen en los procesos ecosistémicos.

SE18-14 CARTEL

FLUJOS VERTICALES DE CARBONO EN EL BOSQUE TROPICAL SECO: ¿ES POSIBLE DETECTAR PATRONES ESPACIALES?

Madueño Moreno Myrbeth Guadalupe¹, Sánchez-Mejía Zulia M.^{1,2}, Garatuza-Payán Jaime^{1,2} y Yépez Enrico A.^{1,2}

¹Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

²Laboratorio Nacional Conahcyt: MexFlux

myrbeth.madueno204945@potros.itson.edu.mx

La Productividad Neta del Ecosistema (PNE) mide el balance de intercambio de dióxido de carbono (CO₂) entre la atmósfera y los ecosistemas, reflejando la ganancia neta de carbono. Este balance se obtiene al restar la cantidad de CO₂ emitido a través de la Respiración del Ecosistema (Reco) de la cantidad absorbida por la fotosíntesis, medida como Productividad Primaria Bruta (PPB). La PNE varía significativamente entre ecosistemas, influenciada por factores como la estructura de la vegetación, la biodiversidad, las perturbaciones y la variabilidad climática. Este estudio se enfoca en analizar la magnitud de la PNE y sus componentes (PPB y Reco) en un bosque tropical seco (BTS) en el noroeste de México, utilizando datos recopilados durante 11 años en diferentes sitios dentro del bosque. El objetivo es comprender cómo las diferencias estructurales en áreas del bosque en distintas etapas de sucesión ecológica y bajo diferentes perturbaciones, tanto antropogénicas

como climáticas, afectan la PNE. El bosque tropical seco examinado se extiende a lo largo de la vertiente del Pacífico, alcanzando su límite más al norte en México. Este ecosistema se caracteriza por un clima cálido y la presencia de árboles adaptados a la sequía, con una estacionalidad muy marcada. Además, la zona presenta una notable heterogeneidad, lo que provoca variaciones significativas en los patrones de PNE dentro del mismo ecosistema. Para este estudio, se recopilaron datos multianuales de flujos turbulentos mediante la técnica de correlación de vórtices en dos observatorios eco-hidrológicos: un bosque secundario y un bosque maduro. Estos observatorios forman parte del Laboratorio Nacional CONAHCYT - MexFlux y contribuyen al esfuerzo regional de Norteamérica a través de la red AmeriFlux (MX-Aog y MX-Asf). Los flujos de CO₂ fueron calculados utilizando el software Eddy Pro-7.0.8 en intervalos de medias horas, y se utilizó la herramienta REddyProc para estimar la PPB, Reco y PNE siguiendo métodos estandarizados. Asimismo, se empleó la metodología de Kljun et al. (2015) para estimar las áreas de procedencia de los flujos en ambos sitios. Los resultados preliminares indican que en los dos sitios del BTS (maduro y secundario) se identificaron dos áreas de procedencia en las direcciones noreste (NE) y suroeste (SO), con una distancia máxima de 500 metros. En el bosque maduro, el área en el NE presentó valores de Reco entre 821.082 y 1554.485 gC m⁻², superando a la PPB, cuyos valores oscilaron entre 567.667 y 1387.430 gC m⁻². En el sitio secundario, en el SO, tanto Reco como PPB tuvieron valores menores que en el NE, con la Reco variando entre 220 y 330 gC m⁻², mientras que la PPB en el SO fue mayor, oscilando entre 208.061 y 805.864 gC m⁻². Estos hallazgos son cruciales para entender cómo los flujos de carbono varían en diferentes etapas de sucesión ecológica dentro del BTS, y si este ecosistema actúa como sumidero o fuente de carbono, lo que tiene importantes implicaciones para su gestión y conservación en el contexto del cambio climático.

SE18-15 CARTEL

ESTADO ACTUAL DE LA OBSERVACIÓN DE FLUJOS TURBULENTOS DE CARBONO, AGUA Y ENERGÍA EN MANGLARES SEMIÁRIDOS DEL NOROESTE DE MÉXICO

Méndez-Barroso Luis Arturo¹, Granados Martínez Karol Paulina², Yépez Enrico A.^{1,3}, Sánchez Mejía Zulma M.^{1,3} y Uuh Sonda Jorge M.^{1,3}

¹Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

²Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera

³Laboratorio Nacional Conahcyt: MexFlux

luis.mendez78585@potros.itson.edu.mx

Los manglares que se encuentran en las costas del Golfo de California almacenan cerca del 18% del carbono total de la región, representando el sumidero más grande de carbono en las zonas áridas del noroeste de México. En esta región, la estación de monitoreo de flujos ecosistémicos de Navopatia representa uno de los pocos sitios de monitoreo en el mundo enfocados en entender la dinámica del intercambio vertical de los flujos de agua, carbono y energía entre el manglar y la atmósfera. Este sitio se encuentra en operación desde noviembre de 2017, con una brecha de datos entre los años 2020-2022, debido tanto a fallas en la operación del equipo como a la suspensión de actividades ocasionadas por la pandemia de COVID-19. Sin embargo, la estación se encuentra nuevamente en operación desde el último cuarto del año 2023 hasta la fecha. El objetivo de este trabajo es mostrar los últimos resultados observados de calor sensible (H), calor latente (Lambda E) y dióxido de carbono (CO₂) durante los años 2023-2024. Por otro lado, se hace énfasis en las diferencias interanuales en condiciones ambientales, especialmente en los factores que influyen en la magnitud y estacionalidad de los flujos de intercambio como: Temperatura, nivel de inundación, déficit de presión de vapor y radiación solar. En forma adicional a las mediciones de terreno capturadas por la estación de monitoreo, se cuenta con datos de percepción remota de fluorescencia de la clorofila inducida por la radiación solar (SIF, por sus siglas en inglés) del sensor TROPOMI (TROPospheric Monitoring Instrument), así como, información espectral del rango visible e infrarrojo cercano del satélite Sentinel-2. Estas observaciones nos serán de gran utilidad para la generación de un modelo de partición del intercambio neto del ecosistema (NEE) basado en mediciones independientes de la productividad primaria bruta (GPP) que represente la dinámica de carbono de estos ecosistemas de forma mas precisa. Finalmente, se mostrarán las ultimas actualizaciones tanto del equipo que se encuentra actualmente en operación como de la disponibilidad y medios de adquisición de los datos.

SE18-16 CARTEL

PRIMER TALLER DE APRENDIZAJE DE FLUJOS ECOSISTÉMICOS (TAFE) EN LATINOAMÉRICA

Tarin Terrazas Tonantzin¹, Moore David Joseph² y Torn Margaret³

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²School of Natural Resources and the Environment, University of Arizona

³Biosphere-Atmosphere Program, Berkeley Laboratory

ttarin@ieciologia.unam.mx

El intercambio de gases de carbono, agua y energía entre la tierra y la atmósfera genera una retroalimentación entre los ecosistemas y el clima. El estudio de los flujos de carbono, agua y energía requiere una cuantificación precisa de la absorción de carbono por los ecosistemas del mundo. La técnica de covarianza de vórtices (eddy covariance, por sus siglas en inglés) proporciona un método robusto para cuantificar el intercambio de gases en el continuo suelo-planta-atmósfera, ofreciendo datos cruciales para modelos predictivos de la retroalimentación de carbono, agua

y energía terrestre al clima. Es por esto, por lo que existe una necesidad urgente de capacitar a científicos en América Latina para operar sitios que operan con la técnica de covarianza de vórtices, interpretar datos y resultados científicos para audiencias nacionales, regionales y globales. América Latina alberga una diversa colección de ecosistemas importantes. Muchos científicos en la región latinoamericana están dedicados a estudiar diversos ecosistemas, pero la formación en la técnica de covarianza de vórtices se ve obstaculizada por barreras como el idioma, las visas, el costo y la distancia en cursos como el Fluxcourse. Este trabajo busca presentar la propuesta para el primer Taller de Aprendizaje de Flujos Ecosistémicos (TAFE) a desarrollarse en Latinoamérica, totalmente en español. Actualmente, existen aproximadamente 100 sitios de monitoreo que emplean la técnica de covarianza de vórtices en América Latina, 56 en AmeriFlux y muchos otros están listos para unirse pronto; estos sitios también están afiliados a redes nacionales, como la del Laboratorio Nacional Conahcyt-MexFlux, regionales y globales. Desarrollar la capacidad humana en la región de Latinoamérica beneficiaría a la comunidad global de biogeoquímica y permitiría avances científicos y prácticos.

SE18-17 CARTEL

MONITOREO DE LA FENOLOGÍA VEGETAL EN UN CAMPUS UNIVERSITARIO DE CIUDAD JUÁREZ, CHIH. UTILIZANDO PHENOCAM Y EL ÍNDICE GCC

Zelaya Guerrero Evelin Cecilia, Pérez Ruiz Elí Rafael, Alvarado Soto Sergio y Domínguez Acosta Miguel

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

al173703@alumnos.uacj.mx

El monitoreo de la fenología vegetal es de gran importancia para entender el rol de la vegetación en los distintos procesos biofísicos del ambiente, así como los factores que afectan su dinámica. El uso de índices de vegetación espectrales, como el NDVI, es indispensable en estudios de monitoreo y evaluación de recursos naturales. Sin embargo, limitaciones de resolución espacial y temporal de la mayoría de las plataformas satelitales abiertas, aunado a las complicaciones del monitoreo de alta resolución, siguen siendo limitantes para el correcto monitoreo de la fenología vegetal, en especial en zonas de alta heterogeneidad, tales como las zonas urbanas. En décadas recientes, el uso de cámaras fenológicas (Phenocams) se ha convertido en una herramienta de mucha utilidad para el monitoreo de la actividad de la vegetación. Las Phenocams son ideales para documentar cambios en el paisaje a través de periodos largos de tiempo y a grandes resoluciones espaciales y temporales. Se obtienen índices de vegetación obtenidos de imágenes RGB, por ejemplo, el Green Chromatic Coordinate (GCC), que se basa en la proporción de verde con respecto a la suma del resto de colores. En ecosistemas urbanos, la vegetación provee una serie de servicios ecosistémicos que benefician a sus habitantes ya que tienen la capacidad de regular procesos biofísicos fundamentales, tales como captura de carbono, mejora de la calidad del aire, potencial de enfriamiento, etc. De ahí que el monitoreo de la vegetación urbana puede contribuir a la mejora del metabolismo y planeación urbana. En este estudio, se evalúa la fenología de la vegetación urbana alrededor del sitio de flujos ecosistémicos "MX-lit: Instituto de Ingeniería y Tecnología – UACJ". Se instaló una cámara Moultrie M-550 Gen 2 sobre una torre triangular a una altura aproximada de 17 m, apuntando hacia el sur. Se programó la toma de fotografías cada 10 minutos desde las 7:00 a las 20:00 horas. El periodo de estudio comprende de abril a octubre de 2024. Se procesaron las imágenes y se obtuvo el índice GCC mediante el uso de RStudio. Se analizó dentro del rango de fotografías diarias, el lapso más apropiado para el cálculo de GCC en función de la iluminación y presencia de sombras. Se compararon los valores de GCC promedio de la totalidad del campo de visión dentro del campus y los parches de distintos tipos de vegetación. Finalmente, se compararon los valores de GCC con valores de NDVI obtenidos de LandSat y PlanetScope. Los valores de GCC obtenidos muestran la capacidad de la Phenocam de capturar la variabilidad del verdor de la vegetación, sin embargo, las diferencias de iluminación, el sombreado desigual, la presencia de nubosidad y polvo, representan un reto para la selección de las imágenes más apropiadas para el cálculo de GCC. Sin embargo, los resultados obtenidos demuestran el valor del uso de cámaras fenológicas para el monitoreo de la vegetación urbana.

Sesión especial

LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD EN LAS GEOCIENCIAS

Organizadores

Octavio Gómez Ramos
Caridad Cárdenas Monroy
Adriana Elizabeth González Cabrera

SE19-1

SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD EN LAS CIENCIAS DE LA TIERRA: EL CASO DEL LANCE

Corona-Romero Pedro

Servicio de Clima Espacial México, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM, SCIESMEX / IGUM-UNAM
piter.cr@gmail.com

En el año 2014 inicia la operación del Servicio de Clima Espacial México (SCIESMEX), un servicio más brindado por el Instituto de Geofísica de la UNAM. En el año 2015, el SCIESMEX inicia una vinculación con el Centro Nacional de Prevención de Desastres formando (sector gobierno) el grupo de trabajo "Clima Espacial en México". El desarrollo del SCIESMEX demanda la creación formación del Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE), que inicia funciones como Laboratorio Nacional (LN) Conahcyt en el año 2016. Como ocurre con la mayoría de LNs, para mantener el nombramiento de LN, el LANCE debe de tener implementado un sistema de gestión de la calidad (SGC). Por otro lado, la vinculación con el sector gobierno demandaba la generación de un producto de carácter informativo, orientado a la seguridad nacional de México. En este trabajo presentamos la experiencia del LANCE para, por un lado, atender el requisito de implementar un SGC y, por otro lado, orientar el SGC para coadyuvar a los tomadores de decisiones (sector gobierno) a atender condiciones de riesgo provocadas por el clima espacial.

SE19-2

EL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD DEL SERVICIO SISMOLÓGICO NACIONAL

Cárdenas Monroy Caridad, González Ávila Daniel y Grupo de Trabajo del SSN

Servicio Sismológico Nacional
caridad@sismologico.unam.mx

Se aborda el desarrollo e implementación del Sistema de Gestión de Calidad (SGC) del Servicio Sismológico Nacional (SSN), realizado conjuntamente con otros servicios geofísicos del Instituto de Geofísica de la UNAM. Esta colaboración supuso una ventaja significativa, ya que permitió la creación conjunta de gran parte de la documentación necesaria para el SGC. Uno de los principales desafíos en la implementación del SGC en el SSN fue la definición de los objetivos de calidad específicos. Esto implicó una deliberación cuidadosa para decidir cuál procedimiento particular se certificaría bajo la norma ISO9001 y cómo delimitar dicho procedimiento de manera precisa. Esto incluyó el mapeo detallado del procedimiento, la definición clara del alcance y la alineación de estos elementos con los objetivos de la norma ISO9001. Para desarrollar un SGC eficiente, se consideraron varios puntos importantes: la creación de manuales, procedimientos y registros que cumplieran con los requisitos de la norma; asegurar que el personal involucrado estuviera adecuadamente capacitado y consciente de la importancia de la calidad y los requisitos del SGC; establecer canales de comunicación para que toda la organización esté alineada con los objetivos de calidad; atender las auditorías internas y externas, y buscar oportunidades de mejora; asegurar que las necesidades y expectativas de los usuarios sean comprendidas y cumplidas, mejorando continuamente; y adoptar un enfoque proactivo para identificar, evaluar y gestionar los riesgos que puedan afectar la calidad del servicio. La certificación bajo la norma ISO9001 comprometió a los Servicios Geofísicos a asegurar la calidad en nuestros servicios, garantizando la entrega de resultados veraces y confiables. Esto es fundamental para satisfacer las necesidades y expectativas de nuestros usuarios. Además, la Dirección se comprometió a apoyar la mejora continua de los procesos, asegurando la eficacia del SGC mediante un enfoque basado en riesgos.

SE19-3

LA EXPERIENCIA DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

Gómez Ramos Octavio, Zarza Alvarado Miriam Arianna, García Palacios Miguel Ángel, González Cabrera Adriana Elizabeth, Hernández Cervantes Maricarmen y Gutiérrez Quijada Sergio Valente
Instituto de Geofísica, UNAM
octavio@igeofisica.unam.mx

Un sistema de gestión de calidad es el conjunto de elementos (normas, procedimientos y estándares internacionales) necesarios para desarrollar la actividad de una organización bajo políticas y objetivos de calidad normados, los cuales promueven el cumplimiento de los requisitos regulatorios de calidad en una organización. Los sistemas de gestión de la calidad garantizan la calidad de servicios y productos que cualquier industria o sector esencial ofrece a sus usuarios y/o clientes. Fue en el año 2019 cuando el Servicio Mareográfico Nacional inició con la idea de implementar un Sistema de Gestión de la Calidad, con miras a certificar un proceso bajo la norma ISO 9001:2015. Tras un largo período de desarrollo, en 2023 finalmente se logró la obtención del certificado. El camino para la obtención del certificado fue largo y lleno de aprendizaje, y en esta presentación se analizarán algunos de los aspectos más importantes encontrados durante este proceso, con el objetivo de que otras entidades académicas de Geociencias que tengan la idea de implementar un sistema de gestión de la calidad puedan aprender algo de la experiencia del Servicio Mareográfico Nacional.

SE19-4

LA APORTACIÓN DEL SISTEMA DE CALIDAD ISO 9001 DEL SERVICIO DE GEODESIA SATELITAL DEL INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM EN LA OPERACIÓN DE ESTACIONES GPS/GNSS

Cabral Cano Enrique, Salazar Tlaczani Luis, González Cabrera Adriana Elizabeth y Hernández Cervantes Maricarmen
Instituto de Geofísica, UNAM
ecabral@igeofisica.unam.mx

Los Sistemas de Calidad ayudan a documentar procesos para optimizar actividades y crear un entorno de trabajo en mejora continua. Esto promueve la documentación de actividades y la transmisión del conocimiento en áreas de alta especialización como son las actividades en los Servicios Geofísicos a través de protocolos técnicos y bitácoras de actividades. Dentro de este esquema y con el objeto de documentar y transmitir los flujos de trabajo y experiencias en la operación de estaciones continua GPS/GNSS, el Servicio de Geodesia Satelital (SGS) ha implementado un sistema de Calidad dentro de la norma ISO 9001. El alcance de este sistema del es el reconocimiento de sitios potenciales para la instalación de estaciones GPS/GNSS, la instalación y el mantenimiento periódico de estaciones GPS/GNSS de operación continúa operadas por este Servicio. Como parte del este sistema de calidad, se han desarrollado protocolos de operación que describen una fase del proceso de generación de observables GPS/GNSS por parte del Servicio de Geodesia Satelital. Estos protocolos describen el flujo de trabajo completo desde la etapa de planeación hasta la operación rutinaria de una estación GPS/GNSS. Las actividades de monumentación geodésica que se describen en los protocolos de las etapas de reconocimiento, instalación y mantenimiento de estaciones GPS/GNSS juegan un papel fundamental en la calidad de los datos generados por esa estación; de ahí la importancia de su inclusión en el proceso de certificación. Este sistema de calidad integra 4 protocolos técnicos para las operaciones en campo del Servicio de Geodesia Satelital: 1. Protocolo de reconocimiento de nuevos sitios para instalación de estaciones GPS/GNSS de operación continua del Servicio de Geodesia Satelital. 2. Protocolo de Preparación para salida de campo, incluyendo carga, transporte y descarga de instrumentos, herramientas, equipo y material diverso del Servicio de Geodesia Satelital. 3. Lineamientos generales para Instalación de estaciones GPS/GNSS. 4. Protocolo de mantenimiento y operación en campo de estaciones

GPS/GNSS de operación continua del Servicio de Geodesia Satelital. El proceso de calidad inicia con un listado de actividades por desarrollar dependiendo de la necesidad de instalación y el reconocimiento en campo de la ubicación de nuevas estaciones, su instalación y el mantenimiento preventivo y correctivo de las estaciones GPS/GNSS. Se describen flujos de trabajo a seguir para determinar las acciones en caso de que los objetivos de la visita de mantenimiento en campo se hayan cumplido satisfactoriamente o no, así como flujos de trabajo complementarios a seguir en caso de que una estación GPS/GNSS no transmita datos y requiera de mantenimiento correctivo. En este trabajo se presentará la estrategia y experiencias del SGS en la implementación de los Sistemas de Calidad del Instituto de Geofísica.

SE19-5

EL USO DE BITÁCORAS ELECTRÓNICAS DENTRO DEL SISTEMA DE CALIDAD ISO 9001 DEL SERVICIO DE GEODESIA SATELITAL DEL INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

Salazar Tlaczani Luis y Cabral Cano Enrique
Instituto de Geofísica, UNAM
lzalazar@igeofisica.unam.mx

El alcance del Sistema de Gestión de la Calidad del Servicio de Geodesia Satelital (SGS) es el reconocimiento de sitios potenciales para la instalación de estaciones GPS/GNSS, la instalación y el mantenimiento periódico de estaciones GPS/GNSS de operación continua operadas por este Servicio. Todas sus actividades descritas en los protocolos técnicos de este sistema están documentadas a través de varias bitácoras electrónicas. Estas bitácoras son accesibles desde dispositivos con acceso a Internet vía celular o WiFi. Las bitácoras directamente relacionadas con los protocolos técnicos son: IGEF-SGS-Btar-01 Bitácora electrónica tareas campo. IGEF-SGS-Brec-01 Bitácora electrónica reconocimiento. IGEF-SGS-Best-01 Bitácora electrónica estaciones. IGEF-SGS-Bcam-01 Uso de Vehículos. IGEF-SGS-Bcom-01 Mantenimiento Computo. Mientras que también se tienen bitácoras electrónicas de apoyo: SGS-Tickets. Sistema de Tickets y documentación de comunicaciones y acciones. SGS-Inventario. Inventario de equipo de Cardi-SGS. SGS-ProtocolosISO-9000. Acceso rápido a protocolos y documentación sistema Calidad. SGS-SimCards. Control de SimCards Telcel. SGS-Estaciones TLALOCNet. Inventarios de estaciones GPS del SGS. Algunas de éstas resumen las actividades de preparación previo a las salidas de campo. Otras son para documentar el uso interno de recursos. Estas contribuyen al mantenimiento de metadatos actualizados de estaciones y sus instrumentos y al mantenimiento de inventarios actualizados. Las ventajas en la implementación y uso de las bitácoras electrónicas dentro del sistema de calidad, en contraste con bitácoras tradicionales en papel son mantener un registro de fácil consulta y acceso en cualquier momento y respaldo de las comunicaciones y acciones entre personal del SGS y las partes interesadas del IGEF.

SE19-6

SOFTWARE DE ANÁLISIS Y VISUALIZACIÓN DE DATOS DEDICADO DENTRO DEL PROCEDIMIENTO TÉCNICO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL

Zarza Alvarado Miriam Arianna, Gómez Ramos Octavio, García Palacios Miguel Ángel y Gutiérrez Quijada Sergio Valente
Instituto de Geofísica, UNAM
alvarado@igeofisica.unam.mx

Una de las actividades fundamentales del Servicio Mareográfico Nacional es la elaboración de reportes sobre fenómenos que alteren significativamente el nivel del mar, tales como marea de tormenta, nortes, y tsunamis. Aunado a esto, el Servicio Mareográfico Nacional es integrante y fundador del Sistema Nacional de Alerta de Tsunamis (SINAT), razón por la cual los tsunamis son de especial interés para el Servicio. Por este motivo, la elaboración del reporte rápido de perturbaciones en el nivel del mar ocasionadas por tsunamis de origen sísmico fue el primer procedimiento que se decidió certificar bajo la norma ISO 9001:2015. Parte importante de este procedimiento es el software de visualización y análisis, el cual está implementado en Python, y permite que parte de la elaboración del reporte se realice de un modo rápido y eficiente. En esta presentación se describirá dicho software, así como su importancia para el procedimiento técnico certificado bajo ISO 9001:2015 en el Servicio Mareográfico Nacional.

SE19-7

SISTEMAS INTEGRADOS, RIESGOS Y OPORTUNIDADES AL SER IMPLEMENTADOS

González Cabrera Adriana Elizabeth, Cabral Cano Enrique, Caccavari Garza Ana Luz, Gómez Ramos Octavio y Cárdenas Monroy Caridad
Instituto de Geofísica, UNAM
gonzalez@igeofisica.unam.mx

La integración de las normas ISO 9001 e ISO 17025 permite a las organizaciones optimizar sus procesos al reducir redundancias y mejorar la utilización de recursos, lo que resulta en una mayor eficiencia operativa y reducción de costos. Además,

la combinación de estos sistemas de gestión garantiza tanto la consistencia en la calidad de los procesos como la precisión y fiabilidad de los resultados técnicos, fortaleciendo la credibilidad de la organización. Asimismo, esta integración promueve una cultura de mejora continua, impulsando la optimización constante de los procesos operativos y los resultados técnicos. También facilita el cumplimiento de los requisitos regulatorios, lo que reduce los riesgos y mejora la capacidad de la organización para responder eficazmente ante cualquier incidente o no conformidad. Los Servicios Geofísicos: Servicio de Geodesia Satelital (SGS), Servicio Magnético (SMag), Servicio Mareográfico Nacional (SMN), y Servicio Sismológico Nacional (SSN) y el Servicio Solarimétrico Mexicano del Instituto de Geofísica han implementado un sistema integrado ISO 9001 e ISO 17025 que abarca algunas de las actividades de los Servicios Geofísicos. Esta integración incluye la implementación de la norma ISO 9001 para actividades de interés de los Servicios Geofísicos (SGS, SMag, SMN y SSN). Y la norma ISO 17025 específicamente para el SSM, asegurando así el cumplimiento con los requisitos necesarios para operar como un laboratorio de calibración. Este enfoque permite una gestión eficiente y coherente de las operaciones técnicas, garantizando la calidad y la fiabilidad de los servicios prestados. Se presentan las ventajas y desventajas de los sistemas integrados, así como la experiencia adquirida durante su implementación en los Servicios Geofísicos. Este análisis permite evaluar cómo la integración de las normas ISO 9001 e ISO 17025 han optimizado los procesos, mejorado la calidad de los resultados y abordado los desafíos encontrados en su aplicación.

SE19-8

ISO 17025 EN LA PRÁCTICA: CÓMO SU IMPLEMENTACIÓN MEJORA UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE RADÍOMETROS SOLARES

Riveros Rosas David, González Cabrera Adriana Elizabeth, Estévez Pérez Héctor Raúl y Valdés Barrón Mauro German
Instituto de Geofísica, UNAM
driveros@igeofisica.unam.mx

El observatorio de radiación solar del Instituto de Geofísica de la UNAM ha sido centro regional de la organización Meteorológica mundial desde la década de los ochentas. Entre las funciones de un centro regional, se encuentran la medición de diversos parámetros solares. Así como la diseminación de la escala radiométrica mundial, sostenida por el centro mundial de radiación en la Ciudad de Davos, Suiza. Lo anterior implica realizar tareas de calibración de radiómetros a partir de instrumentos regularmente comparados con dicha escala. Sin embargo, en la década pasada, se realizó el reconocimiento mutuo de la escala radiométrica sostenida por la OMM y el Bureau Internacional de Pesos y Medidas responsable de la diseminación de las unidades del SI. El centro mundial de radiación recomendó, a sus centros regionales, su respectiva acreditación como laboratorios de calibración para garantizar la correcta diseminación de la escala radiométrica mundial. Ello implica, además del cumplimiento de las normas ISO de calibración de radiómetros solares, la implementación de la norma ISO17025 para la acreditación de laboratorios de calibración. En este trabajo, se describe la adaptación e implementación de la norma ISO 17025, así como las normas ISO9846-1990, ISO9847-2023 e ISO9059 para la calibración de piranómetros de referencia, piranómetros de campo y pirheliómetros respectivamente. En el trabajo se describen los desafíos superados y los beneficios esperados. Se destacan aspectos como adecuación de normas generales para la calibración de radiómetros, al caso de las condiciones ambientales específicas de ciudad universitaria de la UNAM. Se realizaron diversos documentos como las tablas de presupuestos de incertidumbre para cada una de las técnicas de calibración, así como los procedimientos de recepción y elaboración de informes de resultados. Se describen también la validación de métodos de ensayo, y la capacitación continua del personal, todo lo cual contribuirá a elevar la calidad de los servicios del laboratorio, como centro regional de la OMM.

SE19-9 CARTEL

OPERACIÓN DEL OBSERVATORIO MAGNÉTICO DE TEOLUYUCAN BAJO EL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

Caccavari-Garza Ana¹, Cifuentes-Nava Gerardo¹, Hernández-Quintero Esteban¹, Carrillo-Vargas Armando¹, González-Cabrera Adriana Elizabeth¹, Hernández-Cervantes Maricarmen¹ y Maroun-González Nagibe²

¹Instituto de Geofísica, UNAM
²Facultad de Ingeniería, UNAM
anavari@gmail.com

Los Sistemas de Gestión de la Calidad proporcionan las herramientas necesarias para la mejora continua, que redunde en la operación funcional ajustada a un estándar de calidad mundialmente reconocido. Certificarse bajo la norma ISO 9001, implica ventajas tales como la eficiencia operativa y el desarrollo de una cultura de mejora permanente. Bajo estos criterios, y buscando generar siempre datos de alta calidad, se optimizó la operación del único observatorio magnético operando actualmente en México: el Observatorio Magnético de Teoloyucan, ubicado en el Estado de México (a cargo del Servicio Magnético del Instituto de Geofísica de la UNAM). En este trabajo se presenta el procedimiento que se lleva a cabo para realizar el despliegue de datos geomagnéticos registrados en el Observatorio, en la página web del Servicio Magnético. Se describen las diferentes plataformas de

adquisición, transmisión, reducción, administración y publicación de datos, y se presenta el análisis realizado para la implementación del Sistema de Gestión de la Calidad de este procedimiento. Así como las ventajas y desventajas que ha implicado para el observatorio. También los retos que se presentan actualmente para su implementación y los planes a futuro para incorporar nuevos procedimientos.

SE19-10 CARTEL

IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DEL INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA Y CAMBIO CLIMÁTICO PARA IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

Cuesta Castillo Lara Bárbara

UNAM

barbaracuesta@atmosfera.unam.mx

En el actual panorama empresarial y científico, la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) desempeña un papel fundamental al establecer normas, procesos y procedimientos que garantizan la eficiencia, consistencia y mejora continua en los procesos. El estándar internacional más reconocido en este ámbito es la norma ISO 9001:2015, referente principal para las organizaciones que buscan establecer y mantener un sistema de gestión de calidad efectivo y certificable. En el Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, se ha identificado la necesidad de evaluar las áreas que podrían beneficiarse de la implementación de un SGC para mejorar la calidad de sus servicios y productos. Entre estas áreas se destacan los laboratorios especializados en Ciencias Ambientales y Ciencias Atmosféricas, la Unidad de Cómputo y Supercómputo, y un Programa de Manejo de Residuos Químicos, Biológicos y Especiales. La necesidad de establecer un proceso interno para generar opciones de gestión de calidad ayudará a evitar inconsistencias, falta de estandarización y posibles deficiencias en la calidad de los servicios prestados. La implementación de un SGC es una herramienta para aquellos laboratorios que desean demostrar su conformidad con un sistema de gestión evaluado, incluso sin que terceros les exijan certificaciones o acreditaciones. El objetivo de este ejercicio interno en el ICAYCC, es desarrollar un proceso interno que permita identificar las necesidades específicas de cada área respecto a la implementación de un SGC. Se espera que esta iniciativa conduzca a la creación de un marco de gestión de calidad personalizado y adaptado a las particularidades de cada laboratorio y unidad de apoyo. A través de este proceso, se pretende no solo cumplir con los requisitos de calidad exigidos, sino también fomentar una cultura organizacional orientada a la mejora continua y la excelencia en la prestación de servicios científicos del Instituto.

Sesión especial

A 30 AÑOS DE LA ACTIVIDAD DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL: AVANCES EN EL CONOCIMIENTO DE SU HISTORIA ERUPTIVA, MONITOREO Y EVALUACIÓN DE PELIGROS Y RIESGOS ASOCIADOS

Organizadores

Lucia Capra Pedol
Giovanni Sosa Ceballos

SE20-1

COMIENZO Y EVOLUCIÓN DE LA ACTIVIDAD DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL 1994-2024

Martín del Pozzo Ana Lillian¹, Nieto Amiel², Cifuentes Gerardo³, González Sandra⁴ y Martínez Alicia⁴

¹Instituto de Geofísica, UNAM²Millenium Institute on Volcanic Risk Research, Ckelar-Volcanoes, Antofagasta, Chile³CONAHCYT, México⁴Centro Nacional de Prevención de Desastres, Ciudad de México
analil@igeofisica.unam.mx

El Popocatepetl comenzó a aumentar su sismicidad desde varios años antes de que comenzara la erupción por lo que se empezaron a estudiar los manantiales, los gases por medio de cajas japonesas y la deformación para tener un nivel base de su comportamiento. Aumentaron los sismos y los gases magmáticos en 1993 y la erupción comenzó en diciembre 1994 con la emisión de bloques que destaparon el cráter, así como la emisión de abundante de ceniza hacia Puebla y Tlaxcala. Desde 1994 se diseñó e implementó la Red de monitoreo de ceniza con más de 200 estaciones que ha sido modificada durante estas 3 décadas. Se muestrean las emisiones de más de 1 km y se realizan análisis texturales y geoquímicos. En 1997 se implementó la Red de monitoreo magnético que continúa dando datos sobre las anomalías asociadas al comportamiento del volcán. También se ha continuado con el muestreo mensual de los manantiales y la investigación médica de los efectos de las cenizas en la salud. Se presentarán los resultados más relevantes de estas investigaciones de multiparámetros como los que permitieron detectar los ascensos de magma antes de las erupciones de 2000-2001, 2019 y 2023 y los efectos de la ceniza en la salud. El comportamiento de la actividad volcánica ha estado asociado al ascenso de diferentes pulsos de magma que han formado más de 90 domos en el cráter. Los magmas proceden de diferentes profundidades que se estancan en el conducto y se mezclan durante las erupciones explosivas como las de 1997 y 2001. La actualización del mapa de peligros del volcán Popocatepetl permitió conjuntar los numerosos estudios geológicos realizados por diversos investigadores para producir este instrumento de utilidad pública.

SE20-2

EVALUACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE EMISIONES DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL DEL 2017 AL 2022

García Reynoso José Agustín¹, Rivera Munguía Nilitze¹,
Martín del Pozzo Ana Lillian² y González Hernández Sandra²

¹Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM²Instituto de Geofísica, UNAM

agustin@atmosfera.unam.mx

En el Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático se ha desarrollado un sistema avanzado de pronóstico para la dispersión y deposición de cenizas volcánicas generadas a partir de emisiones hipotéticas. Este sistema demuestra la capacidad de modelar tanto emisiones actuales como históricas. Se ha establecido una base de datos de simulaciones que cubre el período desde 2015 hasta la fecha. Con el respaldo del proyecto PAPITT 101023, se ha extraído y analizado esta información mediante el sistema Hazardmaps para evaluar la probabilidad de deposición de cenizas de forma mensual y anual, así como los tiempos de llegada de las partículas volcánicas a la Ciudad de México, al Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM) y al Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles (AIFA), abarcando el período de 2017 a 2022. En colaboración con el Departamento de Vulcanología del Instituto de Geofísica, en particular con la Red de Monitoreo de Ceniza del Popocatepetl, se identificaron eventos de emisión que permitieron realizar una evaluación cualitativa comparativa entre observaciones y resultados del modelo. Esta evaluación fue posible gracias a la utilización de fotografías del sistema

de monitoreo de CENAPRED y de imágenes satelitales proporcionadas por el VAAC de Washington, que documentan las dispersiones de ceniza a distintas altitudes de vuelo. El análisis se restringió a una región específica del centro de México y servirá de base para evaluaciones cuantitativas futuras.

SE20-3

EVENTOS DE EMISIÓN DE CENIZA DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL Y SUS CARACTERÍSTICAS EN LOS REGISTROS SÍSMICOS

Sánchez Tafolla Yadir Emmanuel, Téllez Ugalde Eric
Benjamin, Delgado Granados Hugo y Campion Robin

Instituto de Geofísica, UNAM
yadir_599@hotmail.com

En 2020, se instaló un radar de banda X en el cerro Altimoni con el objetivo de detectar emisiones de ceniza del volcán Popocatepetl. Focalizar la rutina de escaneo del radar en un ángulo estrecho sobre el volcán reduce considerablemente la vida útil del aparato, por lo que se buscó generar parámetros preliminares para enviar alertas automáticas que permitan ajustar temporalmente el escaneo a las inmediaciones del cráter previo a emisiones relevantes. Se analizaron las emisiones de ceniza detectadas en septiembre de 2021 y 2022, para caracterizar las señales sísmicas que las causaron. Muchos eventos observados correspondieron a explosiones vulcanianas, con grandes amplitudes sísmicas y ondas de choque detectables mediante sensores infrasónicos. Sin embargo, no todos los eventos generadores de ceniza presentaron estas características. Se identificaron emisiones de ceniza asociadas a segmentos de temblor con amplitudes menores que las de las explosiones típicas, así como secuencias de eventos de periodo largo (LP). El comportamiento de las señales infrasónicas fue variable, con perturbaciones de baja amplitud e incluso su ausencia en los registros. Los LP y segmentos de temblor generaron emisiones de ceniza que varían desde columnas de menos de 1000 m hasta columnas eruptivas de cerca de 2 km sobre el cráter, acompañadas de emisiones de balísticos. Se recopiló la amplitud, duración, contenido de frecuencias y distribución de energía y potencia de algunos eventos registrados, para identificar factores indicativos de emisiones de ceniza importantes. La ocurrencia de eventos significativos de emisión de ceniza sin características sísmicas típicas de explosiones vulcanianas subraya la necesidad de incluir estos eventos en los sistemas de alerta automática, sugiriendo su aplicabilidad en nuevas rutinas de escaneo del radar de Altimoni.

SE20-4

OUTREACH ACTIVITIES ON VOLCANIC OBSERVATIONS USING SOCIAL MEDIA

Fernández Pineda Angélica¹, Sánchez Tafolla Yadir Emmanuel¹,
Espinoza Galaz Maripaz Y.¹, Delgado Granados Hugo¹, Téllez Ugalde
Eric Benjamin¹, Campion Robin¹ y García Reynoso José Agustín²

¹Instituto de Geofísica, UNAM²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

angelicapineda@igeofisica.unam.mx

It is important to provide the public with information regarding volcanic activity of Popocatepetl and forecasting of eruptive events. Dissemination with the most suitable channels and language to ensure that technical information is effectively communicated is of the utmost importance for the society and Civil Protection. However, it is essential to recognize the heterogeneity of the population which encompasses various age groups with variable interests concerning volcanic activity. Social media has proven to be an effective communication means for reaching these diverse audiences. While these digital platforms share commonalities, they possess unique features and user communities with specific demographic characteristics or

interests. The Volcanic Observation Laboratory (LOV), devoted to ash surveillance using a radar X, initiated reports through a Facebook account in April 2020. By July 2022, the account had organically gathered over five thousand followers. In July 2022, the LOV established its current Facebook account. The transition to a professional account in February 2023 positively affected audience engagement, resulting in a rapid increase to 1,000 followers within a week, with significant growth continuing since then. Currently, the laboratory posts two reports daily on Facebook: one in the morning and another in the evening. Each report includes three images, a video of relevant volcanic activity, and a video from the Ash Dispersion Forecast System WRF-FALL3D, which forecasts the trajectory of ash dispersion in the event of a hypothetical eruption. These Facebook reports are also replicated across various social media platforms. Initially shared on "X" (previously Twitter) in a "thread" format, the LOV expanded its reach by creating accounts on Instagram and TikTok in February 2023. This expansion involved specially curated audiovisual content designed to more effectively capture the audience's attention and to enhance the dissemination of scientific information. This study exemplifies the efforts to communicate geoscientific data generated in near-real-time through social media to audiences and authorities requiring timely information.

SE20-5

¿ES EL BORO DISUELTO EN AGUAS DE MANANTIAL UN INDICADOR HIDROGEOQUÍMICO DEL NIVEL DE ACTIVIDAD VOLCÁNICA? EL CASO DE LA ERUPCIÓN SOSTENIDA DE DOMOS DE LAVA DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL

Armienta M. Aurora¹, De la Cruz Reyna Servando¹, Gómez Vázquez Ángel², Aguayo Ríos Alejandra¹, Cruz Ronquillo Olivia¹ y Neri Hernández Omar¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED

victoria@igeofisica.unam.mx

En 1994 el Popocatepetl se reactivó con una serie de explosiones freáticas. Con el antecedente de una historia eruptiva que incluye grandes erupciones plinianas en ese volcán, esto causó una considerable inquietud entre autoridades y población. Como primera respuesta a esta situación se instaló una red de monitoreo sísmico, geodésico y visual, y un seguimiento hidrogeoquímico del agua de manantiales cercanos al volcán. En marzo de 1996 se detectó en el interior del cráter la formación del primer domo de lava de una serie de más de 50 episodios de emplazamiento y destrucción total de domos que continúa hasta el presente. Esta actividad se caracteriza por ser una sucesión de regímenes altos y bajos en las tasas de producción de lava y de emplazamiento de domos que fluctúan alrededor de un valor medio en el largo plazo. Otra característica es la distribución espacial de la sismicidad volcano-tectónica, que desde el inicio del episodio eruptivo se ha concentrado en dos regiones principales, una bajo el cráter y otra bajo el sector SE del volcán, en una zona de fracturas predominantemente normales atribuidas a la componente horizontal de máximo esfuerzo tensional, con dirección NE-SO. Como parte del monitoreo, desde 1996 se han muestreado las aguas de 6 manantiales y un pozo localizados al sur del edificio volcánico, a distancias entre 14 y 35 km del cráter. Todas las muestras de agua provienen del sector sur del volcán ya que no se han identificado manantiales permanentes en el sector norte. Los análisis rutinarios incluyen la determinación espectrofotométrica de la concentración de Boro. El análisis de las series de emplazamientos de domos y de concentraciones de boro revela que éstas son mayores durante los regímenes de tasas bajas tanto de producción de lava como de emplazamientos de domos y menores en regímenes de tasas altas, aunque con un retraso significativo, y que las muestras de la región SE tienen generalmente las concentraciones más altas de Boro. Esto puede interpretarse como una difusión reducida de gases volcánicos hacia las rocas de la corteza terrestre que rodean el volcán en periodos de actividad de conducto abierto y recíprocamente de mayor difusión en regímenes de conducto bloqueado, pero con el retardo asociado a los procesos difusivos. Además, como los manantiales ubicados en la zona con mayor actividad volcano-tectónica en el sector SE del volcán son los que muestran las mayores concentraciones de boro, se sugiere que existe un mayor transporte difusivo de gas volcánico en la corteza fracturada de ese sector. En conclusión, el boro disuelto en aguas de manantial es un indicador relevante del nivel de actividad volcánica incluso en muestras recolectadas en áreas pobladas a distancias considerables del cráter activo.

SE20-6

30 AÑOS DE SISMICIDAD VT Y DE CUESTIONES SOCIO-ECONÓMICO-POLÍTICAS: ¿HAN AYUDADO A ENTENDER EL RIESGO VOLCÁNICO DEL POPOCATÉPETL?

Valdés González Carlos Miguel

Universidad Nacional Autónoma de México

carlos.valdes@unam.mx

30 años han pasado desde el 21 de diciembre de 1994, cuando inició la actividad eruptiva del volcán Popocatepetl, marcada por caída de ceniza en Puebla, Atlixco y otros lugares. Aunque ya había indicios de un incremento de la actividad del volcán en años previos, poco se conocía de su comportamiento. El Atlas Nacional de Riesgos, muestra en un radio de 100 km del volcán, a 29 Millones de personas, siendo 5.1 y 3.9 Millones, menores de 12 años y mayores de 60

años, respectivamente. Hay 792 mil personas en un radio de 30Km. La cifras anteriores requiere un seguimiento y conocimiento adecuado del volcán. En 30 años, la red sísmica operada por CENAPRED e Instituto de Geofísica creció de 2 a 13 estaciones, permitiendo detectar y localizar 5,795 sismos volcano-tectónicos VT (agosto 2024). Los VTs, presentan profundidades promedio de 5.54 Km bajo el cráter. 74% de VTs, están entre 3 y 6 km bajo el cráter y sólo 232 sismos entre 10Km y 26Km. Desde el año 2018, ocurren más sismos profundos. La magnitud promedio de estos VTs, es M1.97, con 83 % de sismos con $1.4 < M < 2.6$. La magnitud promedio, desde el inicio y hasta 2009, es M2.24 y del año 2014 al presente, el promedio baja a M1.92. El VT de mayor magnitud M4.1, ocurre el 6 de mayo del 2013. El año con menos sismos fue 2011 con 21 eventos y el de mayor sismicidad, 2018 con 769. La distribución epicentral delimita claramente dos regiones, una bajo el cráter y la otra localizada a 8 Km al sureste del cráter, ambas separadas por una zona de baja sismicidad. Desde el inicio de la actividad se emiten reportes públicos diarios, requiriendo un monitoreo constante para generar una comunicación con las autoridades y público en general sobre el estado del volcán. En estos años, el país ha tenido: 5 presidentes y una presidenta, el Edo. de Puebla 12 gobernadores/as, el Edo. de México 7 gobernadores/a, y Morelos 11 gobernadores. Tres mujeres y 4 hombres han dirigido la Coordinación Nacional de Protección Civil y el CENAPRED ha tenido 5 directores. Los cambios en las autoridades representan un reto, ya que en cada ocasión hay que sensibilizar a los dirigentes. El Comité Científico Asesor del Volcán Popocatepetl, cuenta actualmente con 16 miembros, de los cuales 8 han permanecido desde diciembre de 1994, sesionando en más de 100 reuniones, de ellas 85 han sido ordinarias. La población de algunos Municipios como San Nicolás de los Ranchos, Atlixco y Tochimilco, cercanas al radio de exclusión de 12 Km, presentan incrementos poblacionales del 11-18% en los últimos 14 años, pero aún registran 35% de viviendas con techos vulnerables ante caída de ceniza, como Tochimilco. El monitoreo y seguimiento del comportamiento del volcán en los 30 años de actividad, sin duda es bueno, pero aún hay trabajo pendiente por realizar, en las tareas preventivas, ante una actividad importante del Popocatepetl.

SE20-7

TOMOGRFÍA SÍSMICA DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL UTILIZANDO SISMOS LOCALES

Bernal-Manzanilla Karina¹, Caló Marco² y Martínez Jaramillo Daniel¹

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Geofísica, UNAM

karinabernal@igeofisica.unam.mx

El conocimiento de la estructura interna del volcán Popocatepetl es fundamental para entender los procesos dinámicos que ocurren en su interior y mejorar los pronósticos de su actividad futura. En este trabajo, se presentarán imágenes preliminares de una tomografía sísmica del Popocatepetl obtenidas mediante el análisis de los tiempos de arribo de las fases P y S de sismos locales registrados entre 2019 y 2023. Para este estudio, se utilizó una red sísmica compuesta por hasta 18 estaciones de banda ancha. Diez de estas estaciones pertenecen al Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y forman la red sísmica de monitoreo del volcán Popocatepetl, mientras que las ocho estaciones adicionales están gestionadas por el Instituto de Geofísica de la UNAM. La distribución espacial de estas estaciones garantiza una cobertura azimutal adecuada del edificio volcánico, esencial para la precisión del estudio. La base de datos de sismos locales utilizada se generó mediante un flujo de trabajo automático basado en machine learning. Este proceso incluyó un modelo de aprendizaje profundo para la detección de las fases P y S, complementado con un modelo de asociación que agrupó los picados en distintas estaciones correspondientes a un mismo evento. Además, se emplearon métodos de correlación cruzada para mejorar la calidad de los picados y reducir la incidencia de falsos positivos y negativos. Este enfoque permitió incluir eventos adicionales a los reportados en el catálogo oficial del CENAPRED. Posteriormente, se utilizó la técnica de tomografía de doble diferencia para obtener conjuntamente los modelos tridimensionales de velocidad de las ondas P y S y las re-localizaciones de los sismos. Finalmente, se presentará una comparación de los resultados obtenidos con modelos del interior del volcán disponibles en la literatura. Investigación realizada gracias al Programa UNAM-PAPIIT: IN103823

SE20-8

APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES INDEPENDIENTES AL ESTUDIO DEL CAMPO DE DESPLAZAMIENTO DEL POPOCATÉPETL (2019-2023) MEDIANTE INSAR E INTEGRACIÓN DE DATOS GPS

García-Sandoval Cristian Alexis¹, González-Ortega Javier Alejandro² y Vargas-Bracamontes Dulce María³

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, CICESE

²Departamento de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

³CONAHCYT-Centro Universitario de Estudios Vulcanológicos, Universidad de Colima
cgarcia38@cicese.edu.mx

En este estudio, se utilizó la Interferometría de Radar de Apertura Sintética (InSAR) para analizar el campo de desplazamiento del volcán Popocatepetl (2019-2023), empleando imágenes SAR adquiridas por el satélite Sentinel-1A en su órbita ascendente (T005) y descendente (T143), mediante el análisis de series de tiempo de líneas de base cortas (SBAS) con corrección atmosférica. Los resultados señalan variaciones en la tasa de desplazamiento en los flancos este y oeste del cráter, con

la mayor parte del desplazamiento ocurriendo de manera horizontal (E-O) (5 cm/año) y una región localizada de subsidencia (4 cm/año) en el flanco noreste, relacionada con una zona de deposición de material magmático, evidenciada también a través de imágenes térmicas. Estos hallazgos indican un proceso de deformación lenta del Popocatepetl desde 2019, con una fase inicial de desplazamientos constantes, seguido por un aumento en la tasa de desplazamiento a mediados del 2021 hasta finales del 2023. Período en el cual, el volcán experimentó un incremento de actividad desde mediados del 2022, marcado por el aumento en la sismicidad, explosiones y emisiones regulares de gas y vapor en los meses subsiguientes, hasta alcanzar su pico máximo de actividad entre el 19 y el 22 de mayo de 2023, durante el cual se evidenció ascenso de material magmático, representado por las altas tasas de desgasificación y liberación de energía sísmica (RSEM). Seguida de un segundo incremento de actividad a finales de agosto y septiembre de 2023; en donde la fase de inflación es confirmada por los cambios en las líneas base GPS, aumentos en la sismicidad y SO₂ para el período 2022-2023. Adicionalmente, se realizó un análisis de componentes independientes (ICA) para identificar señales latentes en la serie temporal de InSAR y posibles puntos de inflexión como indicadores de cambios en la actividad volcánica. Estos resultados sugieren la presencia de dos tipos de fuentes de deformación asociadas con distintos mecanismos causales: una señal previamente identificada con el movimiento de ambos flancos del volcán y una señal localizada en el sector oeste que podría estar relacionada con deslizamiento superficial. Finalmente, concluimos que el campo de desplazamiento en el Popocatepetl durante el período 2019-2023 puede interpretarse en términos de modelos analíticos de fuentes de deformación que poseen un mayor componente de desplazamiento horizontal que vertical. El proceso de inflación de una fuente presurizada cerrada similar a una tubería, representada por un elipsoide vertical prolato para describir los desplazamientos en el campo cercano observados con InSAR y una fuente más profunda para los cambios reflejados en las líneas base GPS.

SE20-9

LAHARES EN EL VOLCÁN POPOCATÉPETL: PELIGRO LATENTE CON O SIN ERUPCIÓN

Capra Lucia
Instituto de Geociencias, UNAM
lcapra@geociencias.unam.mx

Los lahares son eventos muy comunes en regiones volcánicas caracterizadas por temporadas de lluvias intensas, por actividad glaciaria o por la ruptura de lagos y represamientos naturales. Su frecuencia y magnitud se relacionan al volumen de agua liberada y a la disponibilidad de material que, en volcanes activos, incrementa drásticamente después de una erupción. En la historia eruptiva del volcán Popocatepetl los lahares han sido fenómenos muy frecuentes, desde los de mayor volumen asociados a las grandes erupciones plinianas, a eventos más discretos disparados por el derretimiento del glaciar o iniciado por procesos de remoción en masa. En los últimos 30 años, los eventos de mayor impacto han sido asociados a la actividad eruptiva de 1997 y 2001 y su interacción con el glaciar, así como por procesos de remoción en masa durante eventos de lluvias intensas y, como ocurrido durante el 2017, disparados por un sismo. La multifactorialidad observada en eventos pasados requiere de estudios integrales que permitan esclarecer los factores desencadenantes, las características físicas de los flujos y su relación con el proceso de iniciación y con el material involucrado, y el posible impacto en las zonas expuestas. Las recientes contribuciones han permitido mejorar la evaluación del peligro por lahares en el volcán Popocatepetl dependiendo del tipo de escenario eruptivo o durante un período de quietud, así como la puesta en marcha de un sistema de monitoreo de lahares en tiempo real, con la posibilidad de establecer un sistema de alerta temprana. Estos avances han sido posibles gracias al trabajo del Comité Técnico y Científico del Volcán Popocatepetl, al Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred) y al grupo de académico autores del mapa de peligro publicado en el 2017. Estos esfuerzos deben continuar para seguir avanzando en el conocimiento de los lahares en el volcán Popocatepetl y en otros volcanes activos de México, y así mejorar la gestión integral del riesgo de desastre ante un fenómeno volcánico que en los últimos siglos ha sido escenario de grandes tragedias en el mundo.

SE20-10

ESTRATIGRAFÍA DE LAS CORRIENTES PIROCLÁSTICAS ASOCIADAS A LA ERUPCIÓN PLINIANA DE 14,100 AÑOS A.P. DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL

Monfil León Edwin Ulises¹ y Caballero García Ana María Lizeth²

¹Universidad Nacional Autónoma de México
²Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM
edwinum127@gmail.com

Las corrientes piroclásticas (CP) son fenómenos volcánicos que han causado desastres a lo largo de la historia humana. El volcán Popocatepetl presenta evidencia geológica de diversas CP de gran magnitud asociadas a varias erupciones plinianas. Una de estas erupciones ocurrió hace 14,100 años y representa el escenario eruptivo de mayor magnitud del actual mapa de peligros. Sosa-Ceballos et al. (2012) estudiaron a detalle los depósitos de caída de esta erupción e interpretaron la dinámica eruptiva. Sin embargo, aún falta realizar una caracterización más detallada de los depósitos de las CP. En este estudio, se realizaron recorridos

en campo a distancias entre 8 y 14 km desde el cráter actual para caracterizar a detalle los depósitos de las CP y recolectar muestras. Se realizó el análisis de granulometría, de componentes y se construyeron columnas estratigráficas a detalle. La interpretación de los resultados se enfocó en la clasificación de los tipos de CP, es decir, concentradas y diluidas. Sosa-Ceballos et al. (2012) propusieron que durante la erupción se emplazaron dos series de depósitos de caída (GT= Grey Tutti y MT= Milky Tutti) y dos de CP concentrada (P01 y P02). Aquí, detallamos la secuencia estratigráfica de ambas series. La unidad completa de GT se compone de dos depósitos de caída de pómez gris con líticos accesorios (inferior hasta 6% y superior 15%) que están intercalados por dos depósitos de CP diluida de cenizas grises compactadas y con estratificación muy difusa (inferior hasta 9% de líticos accesorios y superior 13%). GT finaliza con dos series de CP diluida poco compactada rica en líticos accesorios (hasta 30%) y un depósito de caída enriquecido de líticos accesorios y accidentales (hasta 17 y 12%, respectivamente). La unidad MT comienza con un depósito de CP diluida de pómez beige enriquecido de líticos accesorios y accidentales (hasta 20 y 30%, respectivamente). En la parte superior dos depósitos de caída (MT y OT) que se distinguen por el color de la pómez (beige y naranja) y el aumento del tamaño y contenido de los líticos accidentales (de 20 hasta 40%). Los resultados permiten conocer el tipo de CP que pueden ocurrir bajo un futuro escenario de condiciones similares y en combinación con nuevos análisis de otras propiedades físicas de las CP (densidad de partículas, parámetros de forma, entre otros) permitirá la estimación de los parámetros de impacto, así como una evaluación más refinada de los daños potenciales a la infraestructura. Los alcances de las CP asociadas a esta erupción van más allá de los 12 km desde la fuente (zona de exclusión), cuyo potencial destructivo hoy en día podrían dar lugar a un desastre volcánico para las poblaciones ubicadas en los alrededores del volcán.

SE20-11

ERUPCIÓN DE TIPO EXPLOSIÓN DIRIGIDA (DEPÓSITO DE BLAST OCOXALTEPEC) DEL PLEISTOCENO TARDÍO, VOLCÁN POPOCATÉPETL, MÉXICO

Lira-Blatrán R. Marcela¹, Caballero Lizeth², Lerner Geoffrey A.³ y Ruiz Chavarria Gerardo¹

¹Departamento de Física, Facultad de Ciencias, UNAM

²Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM

³Earth Observatory of Singapore, Nanyang Technological University
marcela.lira@ciencias.unam.mx

El Popocatepetl ha presentado erupciones explosivas de tipo pliniano (VEI 4-5), por lo que se considera de alto riesgo para las numerosas localidades asentadas sobre sus laderas y zonas aledañas. La estructura volcánica actual está construida sobre los restos de edificios volcánicos antiguos que fueron destruidos parcialmente por erupciones de tipo Bezymianny o Santa Helena. Por lo tanto, la historia eruptiva del volcán se caracteriza por ciclos sucesivos de construcción del edificio volcánico seguido por la destrucción parcial o colapsos sectoriales del mismo. La última gran erupción relacionada con un colapso del edificio volcánico ocurrió durante el Pleistoceno Tardío, la cual se extendió hacia el SW del edificio actual y produjo extensos depósitos de avalancha de escombros, depósitos afines con una erupción lateral (blast Ocoxaltepec), depósitos de caída de pómez (pómez Blanca) y flujos de lava (lava Tochmilco). Las erupciones de tipo explosión dirigida pueden afectar áreas de cientos de km² y pueden alcanzar una distancia superior a los 25 km del cráter. Estas erupciones se caracterizan por ser fuertes explosiones con una importante componente lateral que viajan a velocidades por arriba de los 100 m/s, pueden originar catastróficas corrientes de densidad piroclástica. En este trabajo reportamos nuevos datos y evidencias sobre la erupción tipo explosión dirigida (depósito de blast Ocoxaltepec). El área estudiada se localiza entre las poblaciones de Ecatzingo (Edo. México) y Tochmilco (Edo. de Puebla). Hasta el momento hemos visitado 204 localidades en las que describimos la secuencia eruptiva, incluidos 77 nuevos sitios en los que aflora el depósito de blast. El depósito tiene por arriba de 20 m de espesor y se caracteriza por variaciones granulométricas y estructurales significativas, que nos permitieron reconocer dos tipos diferentes de depósitos: (A) depósitos de CPD confinados de relleno de canal caracterizados por depósitos de PDC concentrados alternados con depósitos de PDC diluidos, (B) depósitos de CPD no confinados de interfluvio y de zonas elevadas. Los componentes principales del depósito corresponden a fragmentos de lava juvenil densa de color gris de composición andesítica con texturas que pueden variar de afaníticas a faneríticas con fenocristales de plagioclasa y en menor proporción piroxeno. Hemos estimado el área de la voladura dirigida en aproximadamente 377,5 km², con el depósito más distal situado a 27 km del volcán. Finalmente, 44 de los nuevos afloramientos asociados a CDP de explosión dirigida se encuentran fuera del polígono de peligro asociado a CDP concentrada de baja probabilidad del volcán Popocatepetl relacionado con una erupción Pliniana.

SE20-12

ESTUDIO MÉTRICO SOBRE LAS INVESTIGACIONES PUBLICADAS DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL (1860-2024): UTILIDAD POTENCIAL PARA LA INSTRUMENTACIÓN EFECTIVA DE POLÍTICAS PÚBLICAS SOBRE RIESGOS VOLCÁNICOS

Sosa-Ceballos Giovanni, Armendáriz Sánchez Saúl, Macías José Luis, Castro Escamilla Minerva y Sosa Zaragoza Perla

Instituto de Geofísica, UNAM
giovannis@igeofisica.unam.mx

El volcán Popocatepetl representa el mayor riesgo volcánico para cualquier ciudad de América del Norte. Sus características y ubicación han dado lugar a una amplia investigación. Aquí evaluamos el desempeño investigativo publicado en distintos tipos de materiales del Popocatepetl en el periodo de 1836 a junio 2024. Basamos nuestra investigación en un estudio bibliométrico de 619 artículos publicados en revistas indexadas en bases de datos multidisciplinarias, como Web of Science, Scopus y Dimensions, así como 176 tesis, 80 reportes y 99 capítulos de libros, memorias en congresos y obras monográficas, que muestran vocación o interés tácito en el tema. Resumimos indicadores de publicación significativos en la investigación de Popocatepetl, evaluamos el desempeño de la investigación de instituciones nacionales e internacionales y presentamos el desarrollo de la investigación desde una perspectiva complementaria. Los descriptores de resultados de la investigación muestran una creciente producción científica y colaboración en las investigaciones del Popocatepetl desde 1994, cuando el volcán reanudó su actividad y los estudios se ampliaron a nivel internacional. Identificamos autores, instituciones y países líderes que publican en este tema, lo que resultó en una distribución desigual de publicaciones. En conjunto, los resultados muestran que los científicos mexicanos dominan la producción de investigación en torno al volcán Popocatepetl, aunque existe un interés global. Dado que el uso social del conocimiento puede tomar diversas formas, en el caso del Popocatepetl falta aplicabilidad para evaluar los riesgos asociados a sus erupciones. Por lo tanto, sugerimos que esta es un área de oportunidad para conocer y proyectar líneas de investigación y utilizar hallazgos relevantes para orientar políticas públicas y fortalecer la capacidad de toma de decisiones basadas en el conocimiento científico, en países como México y otros de América Latina que cuentan con volcanes con características similares.

SE20-13 CARTEL

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD EN EL DEPÓSITO DE CENIZA DE SIMULACIONES DEL FALL3D PARA EL CENTRO DE MÉXICO

Medina Morales Esmeralda Ruby¹, García Reynoso José Agustín², Martín del Pozzo Ana Lilliana³ y González Hernández Sandra³

¹Universidad Nacional Autónoma de México
²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM
³Instituto de Geofísica, UNAM
314060422@quimica.unam.mx

En el Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, se ha implementado y utilizado el modelo Fall3D para la dispersión y deposición de cenizas volcánicas. Este modelo requiere información detallada sobre las características de la emisión de ceniza, como la altura de emisión, la forma de la columna eruptiva, la distribución granulométrica, así como la densidad y esfericidad de las partículas. A partir de la información observada por la Red de Monitoreo de Ceniza del Popocatepetl del Instituto de Geofísica y con el respaldo del proyecto PAPITT 101023, se realizó un estudio de sensibilidad a las variaciones en la selección y especificación de los parámetros de modelación, tales como variaciones en la distribución granulométrica (gaussiana y bigaussiana), el uso de la granulometría observada y el tipo de emisión (pluma, puntual y Suzuki). El evento del 28 de febrero de 2024, con una altura de emisión de 3000 m sobre el nivel del volcán, se emplea como caso de estudio. Se presentan las diferencias entre los diversos escenarios y se identifica cuál de estos parámetros tiene una mayor influencia en los resultados, los cuales servirán de base para la calibración del modelo y su aplicación en estudios posteriores de impacto de dispersión y depósito de ceniza.

SE20-14 CARTEL

OPTIMIZACIÓN DE LA VIGILANCIA VOLCÁNICA: VISIÓN COMPUTACIONAL PARA LA DETECCIÓN DE EMISIONES DE CENIZA DEL POPOCATÉPETL

Téllez Ugalde Eric Benjamín, Sánchez Tafolla Yadir Emmanuel, Abaffy Castillo Humberto Jesús, García Fierros Fátima, Fernández Pineda Angélica, Vela Rosas Miguel Ángel y Delgado Granados Hugo

Instituto de Geofísica, UNAM
etellezu@igeofisica.unam.mx

El monitoreo del volcán Popocatepetl proporciona herramientas a las autoridades de protección civil para mitigar los riesgos asociados con la actividad eruptiva. En México, el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), en colaboración con la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), lleva a cabo

la vigilancia del volcán con el fin de reducir los riesgos asociados a las emisiones de ceniza, las cuales pueden afectar la salud de la población y causar interrupciones en los servicios de navegación aérea, entre otros efectos. El monitoreo visual se realiza mediante cámaras web de alta definición cuyas imágenes se transmiten al centro de monitoreo del CENAPRED, con personal permanente las 24 horas del día. Este monitoreo requiere la presencia continua de personal, por lo que un sistema automatizado de detección visual de actividad volcánica es crucial para optimizar la distribución de recursos y horas-hombre en el monitoreo volcánico en México. Para abordar esta necesidad, se propone un modelo de inteligencia artificial que, mediante visión computarizada, reconozca las emisiones de ceniza del volcán Popocatepetl. El conjunto de datos para el entrenamiento del modelo se obtuvo gracias a la red de cámaras de monitoreo operadas por CENAPRED y Webcams de México, cuyos datos están disponibles públicamente a través de su sitio web y redes sociales. La recopilación de datos se realizó mediante el proyecto de Observación Volcánica, que publica boletines diarios en redes sociales con imágenes públicas de esta red de cámaras. Además, otra parte del conjunto de datos se obtuvo de los reportes diarios del CENAPRED disponibles en su página web. El etiquetado de imágenes se realizó dentro de la página de Roboflow y para el entrenamiento del modelo se utilizaron los recursos proporcionados por el proyecto de la Alianza UNAM-Huawei, que cuenta con servidores especializados en inteligencia artificial. La precisión del modelo para detectar una emisión es de 98% en un día despejado y del 85% en un día nublado pero con visibilidad. Actualmente se trabaja en hacer accesible el modelo en tiempo real para todo el público.

SE20-15 CARTEL

GENERACIÓN DE MAPAS DE PROBABILIDAD DEL ESPACIO AÉREO AFECTADO POR CENIZA VOLCÁNICA ALREDEDOR DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL COMO APOYO A LA MITIGACIÓN DE RIESGO EN LA AVIACIÓN

Jiménez Escalona José Carlos¹, Poom Medina José Luis², Juárez Pérez Carolina³, Da Silva Rodrigo Florencio¹ y Monsiváis Huertero Alejandro¹

¹ESIME Ticomán, IPN
²UNISON
jjimenez@ipn.mx

El volcán Popocatepetl presenta un periodo de actividad constante que inició a finales de 1994. Su actividad está representada por un alto número de emisiones de baja y mediana intensidad de ceniza a la atmósfera (VEI 1 a 3) que son consideradas como un riesgo para la aviación en la zona. La VAAC de Washington reportó que durante el periodo de 1999 a 2023 se presentaron 2180 días con presencia de ceniza por actividad explosiva del volcán Popocatepetl de los cuales el 62% coincidieron con la obtención de una imagen MODIS donde pudieron ser identificadas por medio de la técnica de Diferencia de Temperatura de Brillo entre la banda 31 (11 μm) y la banda 32 (12 μm). Considerando que una imagen satelital es la representación de los valores de potencia óptica detectados por el sensor en diferentes anchos de banda en un instante determinado de tiempo. Lo que significa que la nube de ceniza identificada en la imagen solo representa un instante de la evolución del movimiento del fenómeno en el espacio. Con el propósito de estandarizar la información de estas nubes de ceniza emitidas por el volcán Popocatepetl en el periodo de tiempo analizado, se reprodujo el comportamiento de la dispersión de cada uno de los eventos reportados por la VAAC de Washington comparando los respectivos eventos con el identificado con la imagen satelital llevando todas las nubes de ceniza a una duración de 8 horas después del inicio de la erupción. Este tiempo se definió con el propósito de que la dispersión de la nube de ceniza alcanzara las 200 Millas Náuticas (~370 Km). Para llevar a cabo la reproducción de los eventos de dispersión de la nube de ceniza se utilizó el modelo HYSPLIT de la NOAA. El modelo se alimentó con datos obtenidos de los reportes de la VAAC de Washington y se utilizó la base de datos atmosféricos de REANALYSIS de la NOAA. Con los datos de las salidas del HYSPLIT se llevó a cabo un análisis geostadístico para identificar las zonas de alta probabilidad de ser afectadas por presencia de ceniza volcánica en el caso de una erupción del volcán Popocatepetl en función de la época del año obteniendo para esto un mapa por mes del año. Estos mapas muestran que la tendencia de la dispersión de la ceniza se presente con dirección entre el NE y el SE para los meses de noviembre a junio y con una dirección entre el WNW al SW para los meses de julio a octubre.

SE20-16 CARTEL

IMPACTO DE LA CAÍDA DE CENIZA DE LAS RECIENTES ERUPCIONES DE LOS VOLCANES POPOCATÉPETL, FUEGO Y PACAYA: ESTUDIOS CASOS COMPARATIVOS INTERNACIONALES

Lerner Geoffrey¹, Lira-Beltrán R. Marcela², Jenkins Susanna¹, Tupper Andrew³, Hayes Josh⁴, Joffrain Mathis⁵, Williams George⁶ y Wardman John⁷

¹Earth Observatory of Singapore, Nanyang Technological University

²Departamento de Física, Facultad de Ciencias, UNAM

³Natural Hazards Consulting Australia

⁴GNS Science

⁵AXA

⁶MSCI

⁷Maximum Information

geoffrey.lerner@ntu.edu.sg

La caída y acumulación de ceniza volcánica es un riesgo importante para las operaciones aeroportuarias, que ha provocado más de 40 cierres de operaciones en los últimos 45 años debido a la acumulación de ceniza en el terreno, así como muchos más ocasionados por la ceniza aerotransportada/atmosférica. Como apoyo a nuestro conjunto de datos globales recopilados sistemáticamente sobre estos sucesos, realizamos estudios de casos sobre los impactos de las erupciones en aeropuertos seleccionados de México y Guatemala poniéndonos en contacto con los aeropuertos pertinentes para solicitar datos cualitativos y cuantitativos sobre erupciones recientes. Estas consultas dieron como resultado información detallada sobre los efectos de las erupciones de 2023 y 2024 del volcán Popocatepetl en el Aeropuerto Internacional Benito Juárez (Ciudad de México) y el Aeropuerto Internacional Hermanos Serdán (Puebla) en México, así como los impactos de las erupciones de 2010 y 2021 del volcán Pacaya y la erupción de 2018 del volcán de Fuego en el Aeropuerto Internacional La Aurora (Ciudad de Guatemala) en Guatemala. Obtuvimos información para 10 eventos en México (9 en Ciudad de México, 1 en Puebla) y 3 en Guatemala, la mayoría de los cuales no aparecen en una búsqueda sistemática de eventos globales. Mediante la evaluación de los recursos disponibles en cada aeropuerto (por ejemplo, personal y equipos disponibles para las operaciones de limpieza), las políticas nacionales y aeroportuarias sobre el cierre, y cronologías detalladas y fotos de los eventos, pudimos comparar diferentes escenarios de erupción y mejorar nuestra comprensión de los umbrales críticos de caída de cenizas que afectan a las operaciones aeroportuarias.

SE20-17 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE LAS CENIZAS DEL POPOCATÉPETL Y SU ASOCIACIÓN CON LOS PROCESOS ERUPTIVOS

González Hernández Sandra Karina¹ y Martín del Pozzo Ana Lillian²

¹Ayudante de Investigador CONAHCYT

²Instituto de Geofísica, UNAM

sangh2410@gmail.com

Las cenizas recientes del Popocatepetl son monitoreadas por una red de 200 colectores desde su reactivación en diciembre de 1994 (Martin del Pozzo y Nieto, 2024; Nieto Torres y Martin Del Pozzo, 2021). Las cenizas se caracterizan por el tamaño de grano, forma, tipo de componentes y su composición química para interpretar los procesos que ocurren en el volcán (Martin Del Pozzo et al., 2008). Las cenizas emitidas por columnas eruptivas mayores a 1.5 km de altura en el Popocatepetl fueron muestreadas de la Red de Monitoreo de Cenizas Volcánicas del Popocatepetl en los Estados de Puebla, Morelos, México, Ciudad de México y Tlaxcala. Los componentes y su abundancia se determinaron con el microscopio estereográfico, petrográfico y SEM-EDS; la composición mineral se obtuvo con el uso de la Microsonda Electrónica y la química total con FRX. La distribución en el tamaño de grano para la fracción gruesa se hizo a través de tamizado mecánico y la fracción fina con el sedimentógrafo láser Frisch Analysette 22. Los principales componentes de las cenizas del Popocatepetl son líticos vitreos, cristales de plagioclasa y piroxeno, y vidrio claro. También pueden encontrarse líticos accidentales rojos, olivino y cristobalita. En las erupciones explosivas aumenta el material vesicular. La distribución del tamaño de grano se puede clasificar en dos grupos: cenizas con abundante material fino (>4phi) y cenizas con mayor contenido de material medio (3phi). La composición química es de andesitas ricas en sílice (58.3-60.7% SiO₂). Se ha observado que las cenizas de emisiones constantes, como las que ocurrieron el 18 de abril de 2016, 31 de julio de 2018 y 20 de mayo de 2023, tienen mayor cantidad de material fino (<0.62 µm) y contienen más cristales de plagioclasa y vidrio. Durante estas emisiones se registraron periodos importantes de tremor armónico. En las explosiones aisladas, asociadas a la destrucción total o parcial de domos de lava, el tamaño de las cenizas más abundante es de medio a grueso, y sus componentes principales son los líticos vitreos.

SE20-18 CARTEL

OBSERVACIÓN DE LAS EMISIONES DE CENIZA EMITIDAS POR EL VOLCÁN POPOCATÉPETL Y EVALUACIÓN DE LOS PRONÓSTICOS DEL MODELO DE DISPERSIÓN DE CENIZA USANDO FALL3D

Espinosa Maripaz, Delgado Hugo, García Agustín, Sánchez Emmanuel, Fernández Angélica y Campion Robin

Universidad Nacional Autónoma de México

maripazespinosa0@gmail.com

FALL3D es un modelo que permite pronosticar la trayectoria de dispersión que tendría la ceniza emitida por el volcán Popocatepetl, en el caso de una erupción hipotética, dependiendo de la altura que alcancen las partículas de ceniza suspendidas en el aire. Durante los años 2021-2023 se observó la actividad diaria del Popocatepetl, a su vez, se registraron los pronósticos emitidos por el modelo de dispersión de cenizas FALL3D. Considerando una altura de de 15,000 pies (~4,550 m) sobre el nivel del mar, se llevaron a cabo una serie de observaciones por medio de cámaras de monitoreo para interpretar y determinar la dirección de dispersión que tuvieron las emisiones del volcán. Una vez obtenidos los registros del pronóstico y de las emisiones del Popocatepetl, se realizaron comparaciones con la mayor coincidencia temporal del pronóstico producido previamente por el modelo Fall3D. La evaluación del nivel de coincidencia entre el pronóstico y lo observado se llevó a cabo estableciendo cuatro rangos de dirección principal de dispersión. Posteriormente se elaboró una base de datos con los resultados, los cuales permitieron evaluar el comportamiento del modelo Fall 3D durante el período mencionado. Mes con mes se realizaron observaciones de los momentos en los que hubo emisiones de ceniza y la evaluación que tuvo el pronóstico con respecto a ellas. Después de la evaluación llevada a cabo, en general, el pronóstico arrojó datos certeros, con algunas variaciones que se observan en diversos periodos de tiempo como los cambios estacionales o eventos meteorológicos extremos.

SE20-19 CARTEL

REOLOGÍA DE LAHARES SINERUPTIVOS EN EL VOLCÁN POPOCATÉPETL

Bernabé Ricardo Raquel¹, Caballero García Ana María Lizeth², Tranquilino Espinoza Carla Gisela³ y Flores Guzmán Mario⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

³Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali, Università degli Studi di Bari "Aldo Moro"

⁴Instituto de Ingeniería, UNAM

rachel_bernabe@ciencias.unam.mx

En la elaboración de mapas de peligros por lahares una de las herramientas más importantes para su elaboración son los modelos numéricos, que determinan áreas potenciales de inundación, las cuales pueden llegar a los 300 km, como en el caso de Cotopaxi en Ecuador (Thouret et al 2019). Dichos modelos requieren de información del terreno y del evento (volumen, tipo de lahar, viscosidad) para ser calibrados. Entre los parámetros más importantes, después de los modelos de elevación y la magnitud del lahar, se encuentra la viscosidad y la resistencia crítica (reología). El enfoque principal de los estudios reológicos en lahares se ha enfocado en el análisis del comportamiento de la tasa de deformación por su dependencia con la concentración de partículas y poco se ha estudiado acerca de la influencia de la temperatura que, en lahares sineruptivos, puede alcanzar los 80 °C. Por la tanto, es importante comprender la influencia de la temperatura en el comportamiento reológico. En este trabajo se considera el uso de material proveniente del depósito del lahar de San Nicolás asociado a eventos sineruptivos del volcán Popocatepetl. Se estudiaron los cambios de viscosidad con base en la variación de temperatura, en un rango de entre 50 y 80 °C, con variaciones de 10 °C. Para ello, se utilizó un viscosímetro rotacional y suspensiones preparadas de agua y sedimentos del lahar de San Nicolás. La variación de condiciones que se observaron en los parámetros reológicos permitió identificar diferencias en la viscosidad con la temperatura en un rango de 0.59 a 0.29 pa.s. Los resultados encontrados facilitarán la calibración de modelos numéricos para determinar áreas de inundación en simulación de lahares de alta temperatura. Finalmente, este trabajo permitirá comprender más acerca de la dinámica de lahares calientes formados a partir de la removilización de depósitos piroclásticos.

SE20-20 CARTEL

ANÁLISIS TEXTURAL DE LOS DEPÓSITOS DE CORRIENTES DE DENSIDAD PIROCLÁSTICA ASOCIADOS A UNA EXPLOSIÓN LATERAL TIPO “BLAST” DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL OCURRIDOS HACE ~23, 500 AÑOS

Blancas-Quiroz Mauricio¹, Caballero-García Lizeth², Lira-Beltrán Marcela³, Lerner Geoffrey A.⁴, Sourisseau Delphine⁵ y Ruiz-Chavarría Gerardo³

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM

³Departamento de Física, Facultad de Ciencias, UNAM

⁴Earth Observatory of Singapore, Nanyang Technological University

⁵Instituto de Geología, UNAM

mau_14_97@ciencias.unam.mx

Las corrientes de densidad piroclástica (CDP) son fenómenos volcánicos muy destructivos que han causado graves pérdidas de vidas. La secuencia asociada a la erupción pliniana “White Pumice” ocurrida hace ~23, 500 años, descrita por Siebe y colaboradores (2017), muestra una secuencia piroclástica que fue interpretada como producto de una explosión lateral tipo “blast”, cuyas características no han sido estudiadas en detalle. Estas explosiones se caracterizan por la liberación violenta de una masa de magma relativamente pequeña que produce un área notablemente amplia de daño significativo. Por lo tanto, en este trabajo se presentan los resultados del análisis textural de los depósitos de CDPs producidas por la explosión lateral, localizados entre los 10 y 30 km desde el cráter actual en dirección SSO. La interpretación de los resultados se enfocó en la descripción detallada por zonas y espesores verticales de los depósitos de CDPs asociados al “blast”. En general, el depósito de “blast” es de color gris violeta con tonos marrones, tiene un espesor promedio de ~11.5 m, es heterolítico y su contacto inferior con un depósito de avalancha de escombros es erosivo. En el área que se encuentra entre 15 y 25 km respecto al cráter, se observaron los mayores espesores (>10 m) del “blast” en zonas que corresponden a paleobarrancas. El depósito tiene una estructura estratificada, donde alternan capas de material grueso y fino. Las capas de material grueso tienen un espesor variable de 50 cm a 1 m, están consolidadas, son ricas en bloques de lavas angulosas densas, alteradas y/o vesiculadas (80%), están soportados clasto a clasto o por una matriz escasa (máx. 20%) de ceniza fina a gruesa y corresponden con CDPs concentradas. Las capas de material fino tienen un espesor que va de 50 cm a 1 m, están poco consolidadas, y muestran estructuras sedimentarias (ej. estratificación cruzada); el tamaño de los piroclastos va de ceniza fina a lapilli. La alternancia de las capas gruesas y finas se encuentra interrumpida por múltiples horizontes discontinuos de material muy fino, con un espesor que varía de 1 a 10 cm, están poco consolidadas y laminadas. Los resultados obtenidos permiten comprender las similitudes, diferencias y relaciones estrechas que existen entre las CDPs concentradas y diluidas en explosiones tipo “blast” y permitirán comprender con mayor profundidad sus características, debido a que existen pocos registros estratigráficos de estos fenómenos volcánicos en el mundo.

SE20-21 CARTEL

ESTRATIGRAFÍA, ESTRUCTURAS DE DEFORMACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL DEPÓSITO DE BLAST OCOXALTEPEC (PLEISTOCENO TARDÍO), EN LOS ESTADOS DE MÉXICO, MORELOS Y PUEBLA

Lira-Beltrán R. Marcela¹, Lerner Geoffrey A.², Caballero Lizeth³ y Ruiz Chavarría Gerardo¹

¹Departamento de Física, Facultad de Ciencias, UNAM

²Earth Observatory of Singapore, Nanyang Technological University

³Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM

marcela.lira@ciencias.unam.mx

Depósitos relacionados con una explosión dirigida blast ocurrida durante el Pleistoceno Tardío en el Volcán Popocatepetl fueron reportados en la década de los 80's y 90's por diversos autores. A partir de la reactivación del volcán Popocatepetl en el año de 1994, se han efectuado una serie de trabajos en el sector SW del volcán (Ecatzingo-Tochimilco), los más relevantes enfocados en la erupción cataclísmica ocurrida alrededor de los 23,500 años y corresponden a los realizados por Siebe et al, 1995; Siebe et al, 1996; Espinasa-Pereña y Martín-Del Pozzo 2006; Siebe y Macías 2006; Siebe et al, 2017 y Gisbert et al 2022. Estos autores hacen énfasis en la descripción de los depósitos de la avalancha de escombros y en el depósito de pómez producto de la caída pliniana. Nuestro trabajo tiene como objetivo el estudio detallado del depósito de blast el cual denominamos Ocoxaltepec. Las investigaciones de campo de los depósitos asociados a la explosión dirigida revelaron diferencias significativas entre los depósitos encontrados en zonas confinadas y no confinadas. En la mayoría de los casos, el depósito se caracteriza por variaciones granulométricas y estructurales significativas. Las descripciones de los tipos de depósitos se basan en el contexto topográfico y en las características genéticas asociadas que nos permitió reconocer dos tipos diferentes: (A) depósitos de CPD confinados de relleno de canal y (B) depósitos de CPD no confinados de interfluvio y de zonas elevadas. Las relaciones estratigráficas entre los depósitos como el tipo y forma de contacto entre las unidades, las características texturales, así como el análisis de los componentes durante el trabajo de campo, nos ayudaron a diferenciar los depósitos estudiados de otros depósitos volcánicos y volcanoclásticos. Finalmente fue posible observar estructuras de deformación como inyecciones del depósito de la explosión en el

depósito de la avalancha de escombros. Estas estructuras pueden ser de decenas de centímetros a unos pocos metros de largo y pueden encontrarse entre 16 km y 19 km de distancia del cráter. Los nuevos afloramientos que hemos encontrado junto con sus relaciones estratigráficas nos permitieron establecer la correlación estratigráfica del depósito de blast Ocoxaltepec a lo largo del área de estudio.

SE20-22 CARTEL

RADAR METEOROLÓGICO BANDA X PARA MONITOREO DE CENIZAS DEL POPOCATÉPETL

Téllez Ugalde Eric Benjamín¹, Delgado Granados Hugo¹, Reynoso García J. Agustín², Magaldi Hermosillo Adolfo Vicente³, Zavala Hidalgo Jorge², Sánchez Tafolla Yadir Emmanuel¹ y Fernández Pineda Angélica¹

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

³ENES Juriquilla

etellezu@igeofisica.unam.mx

Desde 2020, el Instituto de Geofísica opera un radar meteorológico (Furuno WR-2100 doppler polarimétrico banda X, con longitud de onda 3.75-2.5 cm), instalado en el cerro Alzomoni en el Parque Izta-Popo para monitorear las cenizas del volcán Popocatepetl. Este sistema permite monitorear las cenizas en condiciones nubladas y/o durante la noche. Al momento se tiene una base de datos de ~8TB que se está procesando. Próximamente se hará pública para consulta y uso por parte de los interesados. Para su operación, se programó una rutina de 10 ángulos con un máximo de 28° para que el radar escanee una emisión de hasta 10 km. Para visualizar las variables polarimétricas del radar, en formato netCDF, se usan las bibliotecas wradlib y Py-Art. La visualización vol-CAPPI produce una proyección volumétrica a partir de la superposición del escaneo de cada uno de los 10 ángulos, comparables con imágenes de las cámaras web. Actualmente se trabaja en dos aproximaciones metodológicas para analizar los datos, extraer la concentración de las cenizas y aprovechar las 8 variables que produce el radar: (1) como problema inverso de clasificación de cenizas (Marzano et al. 2012) y (2) desde un análisis topológico de datos. En (1) ya se reprodujo una parte de este trabajo en la UNAM y su solución está en proceso de implementación. Respecto a (2), se hace necesario el uso de este método debido al número de dimensiones involucradas en el problema que podría ser de al menos 28. Se presentan los avances de este trabajo en progreso.

Sesión especial

EXPOSITORES EN LA RAUGM 2024

Organizador
Salvador Fernández

SE21-1

DEMOSTRACIÓN DEL GEORRADAR PINPOINTR (LEVANTAMIENTO Y PROCESO)

Espinosa Nuria
GEOLEEC
ventas@geoleec.com.mx

La Ing. Nuria Espinosa hará un recorrido con el Georradar mostrando a los interesados el uso y resultados que se obtienen del instrumento.

SE21-2

INSTRUMENTACIÓN PARA SISMOLOGÍA, VULCANOLOGÍA, SOLUCIONES DE TELEMETRÍA Y OBTENCIÓN DE DATOS

Duque Jesús
AMPERE
jduque@grupoampere.com

Se hablará de las soluciones de instrumentación de vanguardia con la que cuenta AMPERE, para la obtención de datos certeros en investigaciones de ciencias de la tierra.

SE21-3

RAST VS - RED DE ALERTAMIENTO SÍSMICO TEMPRANO VASE SÍSMICA (DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA)

Ávila García Jesús Manuel
VASE SÍSMICA
jesus.avila@vasesismica.com.mx

Para México se observan dos fuentes sismogénicas principales: (1) sismos de subducción que ocurren en una franja promedio de unos 200 km de ancho desde la costa del pacífico hasta tierra firme; y (2) sismos intraplaca (Placa norteamericana) que ocurren como respuesta y reajuste de las estructuras a los mismos procesos de subducción. Por esta razón, México sufre de fuertes y devastadores terremotos que pueden generar daños considerables a la infraestructura en las ciudades y áreas aledañas, así como la pérdida de vidas humanas, por lo cual resulta necesario brindar una solución que tome en cuenta las múltiples fuentes sísmicas en toda la región. La implementación de sistemas de alerta temprana ha demostrado su utilidad en los planes de prevención de los efectos de los fenómenos naturales y le brindan herramientas de apoyo e información a los ciudadanos. Actualmente en México contamos con El Sistema de Alerta Sísmica Mexicano (SASMEX), el cual se conformó inicialmente por el Sistema de Alerta Sísmica para la Ciudad de México (SAS) y el Sistema de Alerta Sísmica para la Ciudad de Oaxaca (SASO). En febrero de 2024, se consolidó un acuerdo entre Güralp LTD, SESIMIC AI Mexico, SANLIEN y VASE SÍSMICA México, con el objetivo de construir una red de alertamiento sísmico temprano (RAST VS – Red de Alertamiento Sísmico Temprano VASE SÍSMICA). En general el sistema se ha diseñado para que funcione como un sistema redundante, pero al mismo tiempo para que cada red (Regional y Local) trabaje de manera independiente. Todos los datos de ambas redes se transmiten y procesan directamente en los algoritmos AI y ML de SEISMIC AI en la nube, y sirven para entrenar al sistema con un aprendizaje y una actualización continua del modelo de velocidad de la región, así como otros parámetros acústicos. Esto permite con el tiempo, tener mayor eficiencia y precisión a la hora de generar una alerta sísmica temprana. Actualmente se está trabajando en dos frentes simultáneamente, el primero para construir una red regional, integrando los sensores FORTMIS LITE (Güralp System), con los cuales se pretenden instalar entre 40 y 50 estaciones de aceleración (single stations y clusters) para alertar en principio la Ciudad de México y los estados de México, Morelos, Oaxaca, Puebla, Guerrero, Michoacán y Jalisco. El segundo frente se basa en la construcción de arreglos de un sistema de alertamiento sísmico local de más de 250 estaciones P-ALERT (Sanlien) enfocada en alertar con la mayor rapidez posible sismos locales en la CDMX y en algunas zonas del Estado de México. Cada estación local está equipada con un sensor de tres componentes P-Alert, está vinculado a una tarjeta controladora y a un sistema de energía redundante que garantiza un funcionamiento continuo. Las estaciones de la red regional pueden proporcionar una alerta sísmica temprana y pueden activar numerosas estaciones de monitoreo locales en caso de un gran terremoto. Para el mes de agosto de 2024 se habían desplegado 16 estaciones simples (single stations) de la red regional de un total de 25, así como una cantidad considerable de estaciones de la red local, las

cuales corresponden a la primera fase de la puesta en marcha e implementación del sistema RAST VS el cual se calcula esté en pleno funcionamiento para el 2025.

SE21-4

MONITOREO SISMOLÓGICO Y ESTRUCTURAL CON EQUIPOS DE ALTO DESEMPEÑO, CASOS DE ESTUDIO: ITALIA, TURQUÍA Y MÉXICO

Mariotti Mauro
GEOTEM
jesus.ramirez@geotem.com.mx

El monitoreo sísmológico y el monitoreo de salud estructural son temas de interés: social, energético, industrial, académico, científico y económico; sin importar la región del mundo estos temas son de interés primordial en diferentes países por el alto impacto social que implican, pero en las zonas altamente sísmicas es donde cobran mayor relevancia. Las redes de monitoreo sísmológico permiten conocer al fenómeno sísmico, caracterizarlo y generar estimaciones probabilísticas de la ocurrencia de sismos de magnitudes considerables cerca de zonas urbanas, presas hídricas, presas de jales, minas, plantas nucleares y toda obra civil donde pudieran causar daños. Por otro lado, las redes de monitoreo estructural permiten conocer el comportamiento dinámico y estático una estructura antes, durante y después de un sismo permitiendo conocer el estado de salud del inmueble, lo que impacta en la reducción de pérdidas de vidas, catástrofes ambientales y monetarias. Naciones como Italia, Turquía y México comparten la característica de poseer un gran dinamismo tectónico lo que repercute e influye en la necesidad de implementar redes de monitoreo por lo que la instalación, configuración, comunicación y operación de redes de monitoreo con equipos acelerométricos y velocímetros de alto desempeño cobra relevancia ya que los datos sísmicos son la materia prima para cálculos epicentrales, estimación de magnitudes, diagnósticos de estructuras, emisión de reportes y emisión de propuestas de mejora o acciones preventivas. La compañía SARA ELECTRONICS INSTRUMENTS, de origen italiano, cuenta con una amplia variedad de equipos tanto de aceleración como de velocidad en diferentes presentaciones que buscan adaptarse a las demandas del mercado, tanto a escala local como a monitoreo regionales a nivel de redes de países. SARA también ha desarrollado paquetería de software aplicado al Monitoreo Sísmico – Sísmológico, que, junto con el hardware, cubre el círculo de soluciones en múltiples casos de estudio. Por otra parte, Geotem Ingeniería cuenta con una amplia experiencia en la instalación configuración y puesta en marcha de redes de monitoreo además del personal calificado para el procesamiento y análisis de datos, así como en la emisión de reportes y propuestas de mejora.

SE21-5

GRUPO KB: MÁS ALLÁ DE LA SUPERFICIE

Álvarez Solís Geovanni Israel
Grupo KB de México
geovanni.alvarez@gmail.com

Grupo KB: Innovación en Geofísica y Compromiso con los Usuarios ## Introducción En la próxima Reunión Anual Geofísica Mexicana 2024, Grupo KB se presenta como un actor destacado en el mundo de la exploración del subsuelo. Esta empresa, con más de 25 años de experiencia, ha dejado una huella significativa en la comercialización de equipos. En esta presentación, exploraremos quiénes somos como Grupo KB, su enfoque en herramientas avanzadas y su compromiso inquebrantable con los usuarios. ## Grupo KB: Más Allá del Subsuelo ### Representación Preferente de SUIZA PROSEQ SCREENING EAGLE Grupo KB ha establecido una sólida alianza con SUIZA y la marca PROSEQ SCREENING EAGLE, una marca líder en tecnología desde hace 70 años. Esta representación preferente permite a Grupo KB acceder a las últimas innovaciones y ofrecer soluciones de vanguardia a sus clientes. ### Herramientas para la Inspección del Subsuelo #### Radar GPR GS8000 y GS9000 El radar GPR (Ground Penetrating Radar) es una herramienta fundamental en la exploración del subsuelo. PROSEQ ha desarrollado dos modelos destacados en GPR: el GS8000 y el GS9000. Estos dispositivos utilizan ondas electromagnéticas para escanear el terreno y proporcionar imágenes detalladas de lo que se encuentra bajo la superficie procesando y gestionando la información en tiempo real desde cualquier punto del mundo. Algunas aplicaciones clave incluyen: - **Radar de Penetración terrestre** El GS8000 y el GS9000 permiten evaluar el subsuelo mediante radargramas en tiempo y profundidad real, visualizadas al momento de adquirirse, con la capacidad

de generar modelos de utilerías al momento. - ****Exploración Arqueológica:**** En excavaciones arqueológicas, estos radares han revelado tumbas, artefactos y estructuras enterradas. Contribuyen a preservar nuestro patrimonio cultural. - ****Inspección de Patrimonios y Obras de Arte:**** Desde murales hasta monumentos históricos, el GS8000 y el GS9000 ayudan a evaluar la integridad de estructuras y detectar posibles daños. **### Pruebas no Destructivas en Concreto y Más Grupo KB** no se limita al subsuelo. También se especializa en pruebas no destructivas en concreto y otros materiales. Sus herramientas avanzadas permiten evaluar la resistencia, la corrosión y la calidad de las estructuras. Además, su área dedicada a los metales ofrece soluciones para la detección de fallas y la caracterización de aleaciones. **## Compromiso Personalizado Grupo KB** no es solo una empresa de tecnología; es un socio comprometido con sus usuarios. Su equipo de expertos brinda asesoramiento personalizado, capacitación y soporte técnico. La pasión por las herramientas especializadas y la búsqueda constante de soluciones innovadoras son los pilares de su éxito. En resumen, Grupo KB es sinónimo de excelencia en equipo y soporte. Su legado de 25 años es un testimonio de su dedicación y visión. Sigamos explorando juntos, más allá de la superficie.

SE21-6

EL INSTITUTO DE GEOFÍSICA: CONOCIMIENTO DE LA TIERRA AL SERVICIO DE LA SOCIEDAD

Armendáriz Catalina
Instituto de Geofísica, UNAM
catalina.armendariz@igeofisica.unam.mx

El Instituto de Geofísica de la UNAM se dedica a la investigación científica y tecnológica de vanguardia en el campo de la Geofísica. Su comunidad científica se enfoca en el estudio y seguimiento de los geofenómenos para brindar información precisa y oportuna para la toma de decisiones en situaciones de riesgo. En esta ponencia se planteará la relevancia de los servicios que ofrece el instituto y cómo sus investigaciones son fundamentales para el desarrollo del país.

SE21-7

PROGRAMA EDUCATIVAS Y CARRERAS OFRECIDA EN EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS EN MINAS, METALURGIA Y GEOLOGÍA, DIVISIÓN DE INGENIERÍAS, UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO, MÉXICO

Caudillo González Martín
Departamento de Ingenierías en Minas, Metalurgia y Geología, División de Ingenierías, Universidad de Guanajuato
mcaudill@ugto.mx

En esta charla el presentador se va a mostrar las carreras de licenciatura y posgrado ofrecida en el departamento.

SE21-8

EL INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DE LA UNAM

Bernal Juan Pablo¹ y Espinosa Rentería Julieta Isabel²
¹Centro de Geociencias, UNAM
²Instituto de Geociencias, UNAM
jpbernal@unam.mx

El Instituto de Geociencias de la UNAM fue creado por el H. Consejo Universitario de la UNAM el pasado 23 de Marzo a partir del Centro de Geociencias, y es el resultado del esfuerzo colectivo de casi 60 académicos que durante los últimos 20 años, han enfocado sus esfuerzos en la consolidación académica de la institución. En la presentación se discutirá la visión para el futuro del Instituto de Geociencias, enfocado a fortalecer la investigación de excelencia, la colaboración multi- y transdisciplinaria, la divulgación de las geociencias y la formación integral de geocientíficos.

SE21-9

EL PROYECTO MUNDIAL DE CIENCIA ABIERTA Y LA APORTACIÓN DE GEOFÍSICA INTERNACIONAL AL MISMO: IMPACTO ACADÉMICO Y SOCIAL, VISIBILIDAD Y PRESENCIA EN REDES SOCIALES

Armendáriz Sánchez Saúl
Geofísica Internacional
asaul@igeofisica.unam.mx

La ciencia abierta, con cerca de 20 años de vida, ha buscado en todo momento promover, consultar y medir el uso, impacto y visibilidad de lo que la investigación genera con recursos públicos. En ese sentido, la revista Geofísica Internacional, en su nueva etapa, ha generado un proyecto que permite la visibilidad internacional de sus artículos y la medición de su presencia tanto en la academia como en la sociedad. Haciendo uso de un "Sistema de Gestión de Información de la Investigación" (CRIS Current Research Information System), se conforma una nueva herramienta (GeoCRIS) que permite que la totalidad de los artículos publicados se encuentren disponibles a nivel mundial para su consulta, descarga y reúso en repositorios institucionales, tanto por los investigadores como por la sociedad en

general, en donde se mide de manera detallada cuál es el impacto en ambas comunidades. En términos generales lo que se hace es promover a los autores y sus artículos publicados en Geofísica Internacional para que cuenten con una mayor citación, más visibilidad internacional, conozcan que grupos de personas están interesados en sus manuscritos y junto a ello establecer enlaces con otros investigadores del mundo. De igual manera, se pretende captar nuevos autores interesados en publicar en la revista con temáticas de punta, estableciendo además con ello, un posible enlace de colaboración entre académicos.

SE21-10

PROMOCIÓN POSGRADO GEOCIENCIAS APLICADAS – IPICYT

Verma Sanjeet Kumar
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
sanjeet.verma@ipicyt.edu.mx

La División de Geociencias Aplicadas (DGA) del IPICYT ofrece los programas de maestría y doctorado, ambos catalogados como categoría 1 por parte del CONAHCYT. El IPICYT es un centro público de investigación localizado en la capital de San Luis Potosí. Las líneas de investigación principales de la DGA son: Tierra Sólida, Física de la Atmósfera, Exploración Geofísica, Hidrología e Integración de Geosistemas. La DGA realiza investigación sobre problemas básicos y aplicados de la Geofísica, Hidrogeología, Hidrogeoquímica, Percepción Remota, Geomática, Climatología, Modelación Matemática y Computacional, Petrología Ígnea, Geoquímica, Vulcanología, Geología Regional, Geología Estructural y Tectónica. Con la finalidad de estudiar, modelar, analizar, evaluar los recursos naturales (agua y yacimientos minerales); así como, fenómenos climatológicos y ambientales. Esto mediante la realización de proyectos de investigación, asesorías y servicios al sector académico, social, gubernamental y privado, tanto a nivel regional, nacional e internacional. En esta charla, se expondrán algunas de las capacidades y fortalezas que ofrecen nuestros posgrados, así como un panorama general del quehacer científico que se realiza en este centro de investigación.

SE21-11

EL NUEVO PLAN DE ESTUDIOS DEL POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA 2024 UNAM

Santoyo García Galiano Miguel Ángel
Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
santoyo@posgrado.unam.mx

Los planes de estudio de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Tierra que se presentan constituyen una modificación de los planes vigentes, aprobados por el Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico Matemáticas y de las Ingenierías el 13 de diciembre de 2010, así como su adecuación a lo establecido en el Reglamento General de Estudios de Posgrado (RGEPE), aprobado por el H. Consejo Universitario el 15 de agosto de 2018 y a los Lineamientos Generales para el Funcionamiento del Posgrado (LGFP), aprobados por el pleno del Consejo Académico de Posgrado en su sesión del 25 de junio de 2020. Además, el Proyecto de Modificación incorpora actualizaciones con base en los avances científicos de las Ciencias de la Tierra a nivel internacional. Este análisis llevó a replantear los campos de conocimiento y a ampliar las áreas de profundización, muchas de las cuales ya contaban con una oferta de actividades académicas, la cual no se encontraba claramente visible. El proyecto resulta de un esfuerzo colegiado iniciado por el Comité Académico del Programa, de la Comisión de Renovación del Plan de Estudios nombrada ex profeso por dicho cuerpo colegiado, y de la socialización de las propuestas en reuniones diversas con tutores, tutoras y el alumnado entre julio de 2019 y abril de 2021.

SE21-12

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA DE LA UV: AVANCES, RETOS Y OPORTUNIDADES

Córdoba Montiel Francisco
Universidad Veracruzana
fcordoba@uv.mx

La realidad ambiental se debe pensar como la integración de procesos interrelacionados e interdependientes, con múltiples causas, que requiere de un estudio interdisciplinario y una visión holística por parte de todos los involucrados. Por su parte, la Universidad Veracruzana tiene como objetivo central la formación integral de profesionales en distintas áreas del conocimiento, que sean competentes en el ámbito laboral y socialmente responsables. Por lo anterior, el posgrado del Centro de Ciencias de la Tierra tiene por objetivo principal formar maestros en Ciencias de la Tierra capaces de generar conocimientos interdisciplinarios con pertinencia social y de alta calidad que nos permita posicionarnos como un referente nacional e internacional en la formación de recursos humanos de excelencia académica, capaces de generar conocimiento científico en las geociencias y aplicarlos en un contexto social que se adapte a las situaciones cambiantes y diversas que hoy en día experimenta nuestro planeta. En su cuarta generación, este posgrado de creación reciente asume con entusiasmo y compromiso los retos de los nuevos tiempos y se renueva para estar a la vanguardia.

SE21-13

**EL INSTITUTO DE GEOLOGÍA DE LA UNAM, EL
LABORATORIO NACIONAL DE GEOQUÍMICA Y
MINERALOGÍA Y LA ESTACIÓN REGIONAL DEL
NOROESTE: INVESTIGACIÓN, DOCENCIA, DIFUSIÓN Y
SERVICIOS ANALÍTICOS EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

Zamora Martínez Olivia
Instituto de Geología, UNAM
oliviazm@geologia.unam.mx

El Instituto de Geología es una dependencia de la Universidad Nacional Autónoma de México. Actualmente cuenta con dos sedes, una ubicada en Ciudad Universitaria en la Ciudad de México, la cual alberga entre otros edificios al Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía y la Estación Regional del Noroeste (ERNO) localizada en Hermosillo, Sonora, cuenta además con los Museos de Geología en la CDMX y el Museo de Sitio Tlayúa en Puebla. Dentro de los principales objetivos del IGI se encuentran el realizar investigación y generar conocimientos nuevos en los distintos campos de las Ciencias Geológicas, incluidas la Paleontología y las Ciencias del Suelo y otros campos afines, así como el desarrollo de la infraestructura analítica y de nuevas tecnologías de servicio en el ámbito de las Ciencias de la Tierra, la formación de recursos humanos de alta calidad con estándares internacionales impartiendo cursos, dirigiendo tesis e incorporándolos a proyectos de investigación, en colaboración con institutos y facultades afines de la UNAM y de otras instituciones educativas y científicas nacionales e internacionales. La generación de proyectos de gran envergadura que sitúen a nuestro Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía (LANGEM) dentro del marco competitivo internacional. Llevar a cabo la difusión y divulgación de la Geología y de las Ciencias de la Tierra. Además de proporcionar asesoría y asistencia técnica y científica en el área de nuestra competencia a la sociedad en general. Dentro de las actividades que forman parte del quehacer del IGI se pueden mencionar los estudios edafo-ambientales, los hidrogeoquímicos y de calidad del agua, los sitios contaminados y geoquímico-mineralógico de materiales geológicos, entre otras. Este año, la UNAM cumple 50 años de presencia en Sonora. Gracias a la diversidad geológica del noroeste de México, la Estación Regional del Noroeste (ERNO) ha sido desde 1974 un polo atractivo para investigadores nacionales e internacionales y su contribución científica está reconocida más allá de las fronteras del país. La ERNO cuenta con los siguientes laboratorios: Al principio de los años 90, académicos del Instituto de Ecología se sumaron a los geólogos de la ERNO. En 2000, la ERNO se incorporó al Posgrado en Ciencias de la Tierra de la UNAM. Fue el inicio de una etapa estimulante para la comunidad académica con el compromiso de atender a una población estudiantil proveniente de otras instituciones. Durante los últimos 15 años, la ERNO adquirió equipos analíticos que se reparten en los siguientes laboratorios: Ciencias Ambientales, Química y Micropaleontología, Trazas de fisión, Geochron Q y Zona Crítica. Todos permitieron abrir nuevas áreas de investigación como la termocronología de baja temperatura o la dinámica de los procesos naturales en la Zona Crítica. La presencia esporádica de colegas del Instituto de Energías Renovables encargados de proyectos en el Laboratorio Nacional de Concentración y Química Solar contribuyó a reforzar la multidisciplinariedad de la ERNO. De la multidisciplinariedad a la interdisciplinariedad, había un paso que la ERNO decidió dar con la propuesta de la creación del Centro de Investigación Interdisciplinaria del Noroeste de México (CIINOM).

Sesión especial

CONFERENCIAS PLENARIAS

Organizador
Lucia Capra Pedol

SE22-1

JULIÁN ADEM, PROMOTOR DE LAS CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA Y LA GEOFÍSICA EN MÉXICO

Castro Romero Telma Gloria
Instituto de Ciencias Atmosféricas y Cambio Climático, UNAM
telma@atmosfera.unam.mx

Hijo de inmigrantes libaneses, nace en Tuxpan Veracruz, el 24 de febrero de 1924 y es el segundo de siete hermanos. Realizó sus estudios de educación básica y media superior en las escuelas Lerdo de Tejada y Manuel Tello, respectivamente. Se casó con Martha Díaz de León con quien tuvo 2 hijos, Julián y Alejandro. Cursó la carrera de Ingeniero Civil, en la UNAM en la sede del Palacio de Minería obteniendo el título en 1948 y en forma paralela estudió la carrera de Matemáticas entre los años 1945 a 1950. Ahí conoció al Dr. Ricardo Monges, el cual le ofreció trabajo en el Instituto de Geofísica de la UNAM como Ayudante de Investigador (1947) y posteriormente como Investigador en 1949 año de fundación de Instituto. Posteriormente, impulsado por el Dr. Marcos Moshinsky inició en 1951 los estudios de doctorado en Matemáticas Aplicadas en la Universidad de Brown, Estados Unidos y en mayo del 1953 obtuvo el grado (5 semestres) bajo la dirección del Prof. George Carrier, sobre "propagación de ondas elásticas". Al concluir el doctorado, regresó a México y se integró nuevamente al Instituto de Geofísica, para seguir sus investigaciones en "Matemáticas aplicadas para medios continuos en la Geofísica". En ese tiempo, Adem impartió una conferencia en el Seminario del Instituto sobre la "Formulación de las ecuaciones de la dinámica de fluidos aplicadas a la atmósfera". A esta conferencia asistió el Dr. Wallén, enviado por la UNESCO para brindar asesoría en nuestro país en temas de Meteorología y estimulación de lluvia. Al siguiente día buscó a Julián para comentarle que, en el Instituto Internacional de Meteorología de la Universidad de Estocolmo, había un grupo liderado por el Prof. Gustaf Rossby (pionero en estudios sobre Meteorología) que estaba trabajando en temas como los que había abordado en esa ocasión. De esta forma Adem inicia su formación en Ciencias de la Atmósfera haciendo un posdoctorado en Estocolmo a invitación directa de Rossby. En ese tiempo las computadoras empezaban a estar disponibles para la investigación y eso permitía resolver las ecuaciones de la dinámica de fluidos en forma práctica, iniciando así, la era de los modelos numéricos de predicción climática, esto fue una magnífica oportunidad para Julián, permitiéndole iniciar su trabajo en esta línea de investigación y siguió en ella durante toda su vida académica.

SE22-2

ACCELERATED METHANE OXIDATION RATES IN GULF OF CALIFORNIA HYDROTHERMAL PLUMES PROVIDE A WINDOW TO THE PAST AND INSIGHT FOR THE FUTURE

Joye Samantha B.
Department of Marine Sciences, University of Georgia
mjoye@uga.edu

In the Gulf of California, deposition of organic-rich sediments atop volcanic sills enables thermocatalytic cracking of sedimentary organic matter, generating copious amounts of methane in the sediment column. The Gulf of California is a modern analogue for large igneous provinces (LIP), areas where volcanic intrusions into organic-rich sediments led to hydrocarbon release that drove rapid warming in Earth's geologic past. In the modern day, discharge of hot, methane-rich fluids generates hydrothermal plumes that rise and spread laterally in the overlying water column. Here, we report methane concentrations and methane oxidation rates in the rising plume from several hydrothermal point sources in Guaymas Basin and one in Pescadero Basin as well as cold seeps along Sonora Margin. Methane concentrations were 1-5 micromoles per liter in dilute plume samples but were over 400 micromoles per liter in elevated temperature samples. Plume methane oxidation rates were the highest measured in the marine environment, up to 21 micromoles per liter per day. The high turnover rates in Guaymas Basin rising plumes reflect a methanotrophic community primed for rapid response due to frequent injection of reduced substrates into water that is recirculated locally within the basin. LIP-generated injections of greenhouse gases in Earth's geologic past occasionally overwhelmed the capacity for oceanic microbial consumption and caused the dramatic warming events recorded by paleoclimate proxies. These data show that consistent localized intense injections of methane can be captured effectively by the microbial community, shedding light on the conditions necessary for overwhelming the capacity of the biological methane filter in the ocean.

SE22-3

CLIMA ESPACIAL Y EFECTOS DE ECLIPSES SOLARES DE 2023 Y 2024 SOBRE MÉXICO

Sergeeva Maria
Instituto de Geofísica, Unidad Morelia, UNAM
maria.a.sergeeva@gmail.com

El Clima Espacial es un concepto que une los procesos dinámicos en el espacio cercano a la Tierra que incluyen condiciones en el Sol, viento solar, medio interplanetario, magnetósfera, atmósfera terrestre y su parte alta que se llama ionosfera. Las variaciones en esta última son de gran interés ya que pueden afectar la tecnología moderna (sistemas de navegación, de comunicaciones de radio, de posicionamiento global, etc). En México, el centro regional de información sobre estas condiciones es el Servicio de Clima Espacial México que forma parte del Laboratorio Nacional de Clima Espacial. Por su grandeza y belleza los eclipses producen una impresión inolvidable incluso entre los científicos que realizan observaciones en este breve momento. Un eclipse solar es un fenómeno que convierte alguna región de la Tierra en un gran laboratorio y brinda una oportunidad única para comprender las características específicas de la ionosfera regional. En este trabajo, se reportan los resultados de experimentos únicos organizados por el Laboratorio Nacional de Clima Espacial en colaboración con otras instituciones nacionales durante los eclipses solares de 2023 y 2024 que permitieron estudiar en detalle los procesos físicos que ocurren en la ionosfera sobre México. Para detectar la respuesta ionosférica al paso del eclipse fue necesario caracterizar las condiciones del fondo de Clima Espacial lo que se realizó con datos propios obtenidos en el territorio nacional. La reconstrucción detallada de los parámetros del eclipse también se realizó gracias a los científicos de México. Otra peculiaridad del presente estudio es la alta resolución temporal de los datos obtenidos en estaciones ionosféricas (cada 3 min) y receptores de señales satelitales. La instalación de una gran cantidad de nuevos equipos en nuestro país permitió descubrir una serie de efectos interesantes.

SE22-4

RESOLVING THE CONTROVERSY OF THE ISABELLA LITHOSPHERIC ANOMALY IN CENTRAL CALIFORNIA USING SURFACE WAVE TOMOGRAPHY

Weeraratne Dayanthie¹, Amodeo Kaitlyn², Escobar Lennin³, Rathnayaka Sampath⁴, McGurk Marshall¹, Triplett Eric⁵, Gómez Carlos⁶, Ramírez Cristo⁷, Schwartz Joshua⁸ y Kohler Monica⁹

¹Department of Geological Sciences, California State University, Northridge

²University of California, Davis

³California Geological Survey

⁴Pennsylvania State University

⁵California State University, Northridge

⁶Southern Illinois University

⁷Colgate University

⁸California Institute of Technology

dsw@csun.edu

We present new surface wave tomography results to address an active debate about high velocity lithospheric anomalies interpreted to be continental lithospheric delamination versus oceanic slab fragmentation in central California. The East Pacific Rise (EPR) spreading center, located in the central Pacific ocean ~50 Ma, steadily moved eastward and approached the North American subduction zone on the west coastline because the rate of Farallon subduction exceeded the EPR spreading rate. Irregularity in the EPR spreading center axis caused the subduction zone to begin consuming the EPR spreading center in modern day southern California ~30 Ma and later proceeded both northward along the California, USA coastline and southward along the Baja California, Mexico coastline. Several studies have suggested high velocity anomalies observed in the upper mantle beneath the Isabella region between the Sierra Nevada mountain range and the Monterey coastline are due to a slab window, break up of the Farallon oceanic plate and capture by the Pacific plate leaving an oceanic slab fragment in central California. A competing view suggests the high velocity anomaly is due to continental lithospheric delamination beneath the Sierra Nevada mountains. We invert Rayleigh wave data obtained from the ALBACORE marine seismic array and permanent land stations, for 1D and 2D shear wave velocity structure. We divide the study area into several regions along major fault lines as well as the inner Borderland, outer Borderland, and oceanic seafloor by age bins. A unique starting shear velocity model is used

for each region incorporating the appropriate crustal, sediment, and lithospheric layer thicknesses, densities, and P and S velocities which predicts Rayleigh phase velocities that are compared to observed phase velocities in each region. We solve for shear wave velocities with the best fit between observed and predicted phase velocity data in a least square sense. Preliminary results indicate that lithospheric velocities in the oceanic mantle are higher than the continental region by at least 2%. The lithosphere-asthenosphere boundary is observed at 50 ± 20 km beneath 15-35 Ma oceanic seafloor. Asthenospheric low velocities reach a minimum of 4.2 km/s in all regions, but have a steeper positive velocity gradient at the base of the oceanic asthenosphere compared to the continent. Preliminary results from seismic tomography images will be presented with coverage in the central California continental margin showing a remnant slab fragment at the coastline. We investigate the possibility that the two competing hypotheses may have been conflated in the literature and both may be valid when considered within a wider framework including oceanic mantle structure and continental arc volcanism.

ÍNDICE DE AUTORES

Abaffy Castillo Humberto Jesús	SE20-14 CARTEL	182	Almaguer Rodríguez Joselin de Lourdes	EG-5	21
Abdullin Fanis	GEOQP-3	51	Almakari Michelle	SIS-9	93
Abud Russell Yussef Ricardo*	SE11-3	149	Almanza-García Carlos Epitacio	GEOQP-6	52
Aburto-Oropeza Octavio	SE17-4	169	Almanza Tovar Oscar Guadalupe*	GEOH-8	33
Acevedo-González Juan Emiliano	GP-5 CARTEL	39	Almanza Tovar Oscar Guadalupe	SE11-13	152
Aceves Romero Jesús	SE02-5	114	Almanza Víctor	SE16-7	166
Acosta López Cecilia Paulina	CS-9 CARTEL	6	Almanza Víctor	SE16-9	167
Acosta Ochoa Guillermo	AR-4	1	Almanza Víctor	SE16-11 CARTEL	167
Acosta Ochoa Guillermo	AR-5	2	Almanza Víctor	SE16-12 CARTEL	167
Acosta Ochoa Guillermo	AR-6	2	Almazan Valencia Joseph Tadeo*	CS-10 CARTEL	6
Acosta Ochoa Guillermo*	AR-7	2	Alonso Hernández Leonardo*	OCC-8	65
Acosta Ochoa Guillermo	AR-8	2	Alonso Rodríguez Rosalba	OCE-18	73
Acosta Ochoa Guillermo	AR-13 CARTEL	3	Alva Fuentes Arantza Ayelén*	SIS-47 CARTEL	101
Acosta Ochoa Guillermo	AR-14 CARTEL	3	Alva Niño Efraín	RN-3	83
Adams David	CCA-18	10	Alva Valdivia Luis Manuel	SE10-5	147
Adriano-Morán Carmen Cristina	AR-9 CARTEL	2	Alva Valdivia Luis Manuel	SE10-10	148
Adriano Morán Carmen Cristina	AR-10 CARTEL	3	Alva Valdivia Luis Manuel †	SE10-3	146
Afonso de Almeida Paulo Salles	SE15-2	163	Alvarado Barrientos María Susana*	SE02-9	115
Aguayo Alejandra	VUL-21 CARTEL	110	Alvarado Barrientos María Susana*	SE18-3	171
Aguayo Ríos Alejandra	GEOH-6	33	Alvarado Barrientos María Susana	SE18-5	172
Aguayo Ríos Alejandra	GGA-6 CARTEL	46	Alvarado Graef Patricia	OCE-39	77
Aguayo Ríos Alejandra	SE20-5	180	Alvarado Graef Patricia	SE05-5	129
Aguiar González Borja	OCE-28	75	Alvarado Gutierrez Christian*	GP-2	38
Aguilar Castillo Tatiana	SE11-3	149	Alvarado Izarraras Luis Gerardo*	EG-10	22
Aguilar Castillo Tatiana	SE11-4	150	Alvarado Moguel Stephanie N.	SIS-1	92
Aguilar Javier Fernando Rodrigo	SIS-53 CARTEL	102	Alvarado Soto Sergio	CS-8 CARTEL	6
Aguilar Madera Carlos Gilberto	GP-6 CARTEL	39	Alvarado Soto Sergio*	CS-9 CARTEL	6
Aguilar-Madera Carlos Gilberto	GP-8 CARTEL	39	Alvarado Soto Sergio*	GGA-9 CARTEL	46
Aguilar Madera Carlos Gilberto	GEOQP-14	54	Alvarado Soto Sergio	GEOQP-18 CARTEL	55
Aguilar Madera Carlos Gilberto	MSG-4	57	Alvarado Soto Sergio	SE04-6	126
Aguilar Mariana*	GEOPAL-11 CARTEL	50	Alvarado Soto Sergio	SE18-17 CARTEL	175
Aguilar Ortega Fracisco	CCA-21	11	Álvarez-Becerra Jesrel	GET-15 CARTEL	43
Aguilar Pérez David Humberto*	SE10-12	148	Alvarez Holguin Alan	SE18-9	173
Aguilar-Rodríguez Ernesto	FE-1	27	Álvarez Román*	VUL-4	105
Aguilar-Rodríguez Ernesto*	FE-7	28	Álvarez Román*	SE08-6	140
Aguilar-Rodríguez Ernesto	FE-9	28	Álvarez Sánchez Francisco Javier	CCA-48 CARTEL	16
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-12	29	Álvarez Solís Geovanni Israel*	SE21-5	185
Aguilar-Rodríguez Ernesto	FE-13	29	Álvarez Zamudio Laura Anaíd*	GEOQP-15 CARTEL	54
Aguilar-Rodríguez Ernesto	FE-15	29	Alves Braga Hugo	CCA-12	9
Aguilar Rodríguez Ernesto	FE-19	30	Alves Braga Hugo*	CCA-32	13
Aguilar Tepole Nemesio	OCC-11	66	Amador Ortega Mariana*	SE03-3	119
Aguilar Velázquez Manuel	SE07-9	137	Amaro Méndez Oscar Uriel*	CCA-9	8
Aguilar-Velázquez Manuel J.	SE07-10	138	Amaro Soris Victor Luis*	OCE-18	73
Aguirre Díaz Gerardo	SE04-4	125	Amílcar González Roger	GEOH-16	35
Aguirre-Díaz Gerardo de Jesús	SE04-1	125	Amodeo Kaitlyn	SE22-4	188
Aguirre-Díaz Gerardo de Jesús	SE04-2	125	Anantharaman Karthik	GET-14 CARTEL	43
Aguirre-Díaz Gerardo de Jesús	SE04-3	125	Anaya Jonathan A.	SED-1	90
Aguirre-Díaz Gerardo de Jesús*	SE04-5	126	Andraca Ayala Gema L.	SE14-21 CARTEL	161
Aguirre Díaz Juan Pablo*	SE02-7	114	Andrade Canto Fernando	OCE-9	70
Aguirre Gómez Raúl*	SE01-5	111	Andrade-Canto Fernando*	OCE-49 CARTEL	79
Aguirre González Jorge	SIS-48 CARTEL	102	Andrade-Gómez Luisa*	SE17-9	170
Aguirre González Jorge	VUL-13	107	Andrade Ibarra Guadalupe Marycruz*	GEOH-14	35
Aguirre Jorge*	SIS-28	97	Andrade-Mascote Ernesto	FE-7	28
Aguirre Jorge	SIS-47 CARTEL	101	Andrade Mascote Ernesto	FE-9	28
Aguirre Jorge	SIS-49 CARTEL	102	Andrade Mascote Ernesto	FE-14	29
Aguirre-López Mario Alberto	GEOQP-16 CARTEL	54	Andrade Velázquez Mercedes	CCA-47 CARTEL	16
Aguirre Macías Nayeli Monserrat*	EG-26 CARTEL	25	Andrade Velázquez Mercedes*	CCA-48 CARTEL	16
Alacala Reygosa Jesús	SE08-11	141	Angeles Escamilla Jorge	SE11-14 CARTEL	152
Alanis-Sánchez Vania Samantha*	SE03-17 CARTEL	122	Angeles Rojo Yosselin L.*	EG-2	20
Alaniz-Álvarez Susana	SE02-13	116	Angeles Rojo Yosselin L.	MSG-12	59
Alarcón Adrián*	GEOH-17	35	Angeles Uribe Fernando	CS-6 CARTEL	5
Alarcón Ferreira Ana María	SE02-19	117	Antón Moreno Bedmar Josep*	SE02-5	114
Alarcón Pacheco Alan Yair*	MSG-18	60	Aparco Lara Jonathan	OCE-40	77
Alatorre Iburgüengoitia Miguel Ángel	SE02-23 CARTEL	118	Apolinar Morales Blanca Sughey	RN-1	83
Alatorre Iburgüengoitia Miguel Ángel	SE08-12	142	Appendini Albrechtsen Christian	SE17-6	170
Alatorre Miguel Angel	VUL-23 CARTEL	110	Aquino Martínez Lourdes Paola*	CCA-15	9
Albañez-Domínguez Juan R.	GET-15 CARTEL	43	Aragon-Arreola Manuel*	SE02-24 CARTEL	118
Albretsen Jon	OCE-35	76	Aragon-Moreno Alejandro A.	SE05-3	128
Alcalá-Reygosa Jesús	VUL-15	108	Aragón Vera José Luis	PALEO-3 CARTEL	81
Alcalá Reygosa Jesús	SE08-1	139	Arámbula Mendoza Raul	SIS-54 CARTEL	103
Alcudia Alejandro	SE14-5	158	Aranda Gómez José Jorge	GET-7	41
Alday Arriola Ernesto*	SE06-6	133	Aranda-Gómez José Jorge	GET-11 CARTEL	42
Aldrich Rodríguez Ariadna	OCE-51 CARTEL	79	Aranda Gómez José Jorge	GEOPAL-11 CARTEL	50
Alfaro de la Torre Ma. Catalina	SE11-2	149	Aranda Gómez José Jorge	GEOQP-9	53
Allende Arandía María Eugenia	SE17-6	170	Aranda-Gómez José Jorge	RN-5	84
Almaguer Carmenates Yuri*	GET-6	41	Aranda Gómez José Jorge	VUL-16	108
Almaguer F-Javier	GEOQP-16 CARTEL	54	Aranda Gómez José Jorge*	VUL-17	109
Almaguer-Rodríguez Joselin L.	EG-3	20	Arango Galván Claudia	EG-27 CARTEL	25

Arango Galván Claudia	GET-10 CARTEL	42	Avellán López Denis Ramón	SE04-10 CARTEL	127
Arango Galván Claudia	RN-7	84	Ávila Barrientos Lenin*	SIS-25	97
Arango Galván Claudia	VUL-12	107	Ávila Chauvet Laurent*	SE15-1	163
Arce José Luis	GET-10 CARTEL	42	Ávila Chauvet Laurent*	SE15-4	163
Arce José Luis	VUL-6	106	Ávila Foucat Sophie	SE15-2	163
Arce José Luis*	VUL-12	107	Ávila García Jesús Manuel*	SE21-3	185
Arce José Luis	SE08-2	139	Ávila-Gutiérrez Jesús Daniel	SE14-10	159
Arce José Luis	SE08-3	139	Ávila-Gutiérrez Jesús Daniel*	SE14-20 CARTEL	161
Arce José Luis*	SE08-5	140	Ávila Mariana	CCA-45	15
Arce José Luis	SE08-11	141	Ávila Olivera Jorge Alejandro	VUL-8	106
Arce Rogelio	SIS-41 CARTEL	100	Ávila Ortiz Nina Adhara Elena*	GEOQP-17 CARTEL	55
Arce Saldaña José Luis	GET-3	40	Ávila Ortiz Nina Adhara Elena	RN-1	83
Arce Saldaña José Luis	RN-7	84	Ávila-Soria Diego	SE01-2	111
Arce Saldaña José Luis	SE08-4	140	Ávila Vargas Oscar	EG-29 CARTEL	25
Arce Villa Rogelio*	SIS-52 CARTEL	102	Ávila Vargas Oscar	GEOH-24 CARTEL	37
Arce Villa Rogelio	SE02-22 CARTEL	117	Avilez Serrano Porfirio	RN-2	83
Arcega Cabrera Flor	SE14-7	158	Ayala Salvador Landeros	SE16-2	165
Archer Jorge	GEOPAL-4	48	Ayala Salvador Landeros	SE16-14 CARTEL	168
Archundia Peralta Denisse	CS-10 CARTEL	6	Azofeifa Chaves Danalie de los Angeles	OCC-9	65
Arciniega-Ceballos Alejandra	SIS-7	93	Badillo-Avilés Shendel	SE02-11	115
Arciniega Esparza Saúl*	GEOH-2	32	Baena Rivera Marcela	SIS-7	93
Arciniega Esparza Saúl	SE02-12	115	Baena Rivera Marcela	SIS-30	98
Arellano Hernández Edgar Josué*	SE16-5	166	Baena Rivera Marcela	SIS-46 CARTEL	101
Arellano Hernández Edgar Josué	SE18-11 CARTEL	174	Bailey Christopher*	SE04-8	126
Arellano Javier*	GP-3	38	Baker Brett J.	GET-14 CARTEL	43
Arellano Javier*	SE02-3	113	Baklouti Donia	SE03-7	120
Arellano Javier*	SE02-4	113	Balcorta-Yépez Antonio	AR-9 CARTEL	2
Arellano-Torres Elsa	OCC-21 CARTEL	68	Balderas-González Emily Abigail	RN-6	84
Arellano-Torres Elsa*	SE05-10	130	Balderas-Romero Gabriel	CCA-16	10
Argáez García Carlos*	OCE-35	76	Bandy William*	GET-9 CARTEL	41
Arias Esquivel Victor Alejandro*	SE12-4	153	Bandy William L.	GET-15 CARTEL	43
Arias Esquivel Victor Alejandro*	SE13-6	156	Barba-López María del Refugio	OCC-16	67
Aristegui Javier	OCE-28	75	Barba López María del Refugio	SE01-3	111
Arizpe Ruiz Gabriela Guadalupe*	GEOQP-8	53	Barba López María del Refugio*	SE01-4	111
Arjang Mona	MSG-19	61	Barba Luis	AR-1	1
Arjang Mona	MSG-20	61	Barba Luis	AR-3	1
Armendáriz Beltrán Catalina*	SE02-8	114	Barboza Gudiño José Rafael	GET-13 CARTEL	43
Armendáriz Catalina*	SE21-6	186	Barea Ivan*	VUL-19 CARTEL	109
Armendáriz Sánchez Saúl	MSG-7	58	Barón Martínez Griselda	FE-9	28
Armendáriz Sánchez Saúl	SE20-12	182	Barragán Manzo Ricardo	SE02-15	116
Armendáriz Sánchez Saúl*	SE21-9	186	Barrera Brito Mauricio*	EG-13	22
Armienta Hernández María Aurora	GEOH-6	33	Barrera Huerta Alan	AR-14 CARTEL	3
Armienta Hernández María Aurora	GEOH-22 CARTEL	36	Barrera Huertas Hugo Alberto	CCA-43	15
Armienta Hernández María Aurora	GGA-6 CARTEL	46	Barrón Cano Elvia Patricia*	FE-3	27
Armienta Hernández María Aurora*	VUL-3	105	Barrón Cano Elvia Patricia	FE-9	28
Armienta M. Aurora*	VUL-21 CARTEL	110	Baruch-Vera Aranza Elizabeth*	CCA-13	9
Armienta M. Aurora*	SE20-5	180	Baruch-Vera Aranza Elizabeth	CCA-62 CARTEL	19
Armstrong Altrin John S.	GGA-5 CARTEL	46	Bastien-Olvera Bernardo A.*	SE17-4	169
Armstrong-Altrin John S.	OCE-22	74	Basurto Ortiz Ricardo	EG-9	22
Arredondo Christopher*	GEOQP-7	52	Batista Cruz Ramón Yosvanis	GET-6	41
Arredondo Moreno José Tulio	SE18-2	171	Batista Rodríguez José Alberto	GET-6	41
Arredondo Palacios Thania E.	SE18-8	173	Bautista Capetillo Carlos Francisco	GGA-4	45
Arregui Sergio	EG-6	21	Bautista-Sánchez Perla Cecilia	GEOQP-16 CARTEL	54
Arregui Sergio	GET-8 CARTEL	41	Bautista Sánchez Perla Cecilia*	MSG-4	57
Arregui Sergio	SIS-41 CARTEL	100	Becel Anne	SIS-34	99
Arregui Sergio	SIS-52 CARTEL	102	Becerra-Acosta Evi*	CCA-58 CARTEL	18
Arregui Sergio	SE02-21 CARTEL	117	Becerra-Acosta Evi*	CCA-59 CARTEL	18
Arreguín Rodríguez Gabriela de Jesús	OCE-39	77	Beier Emilio	OCE-43	78
Arreguín Rodríguez Gabriela de Jesús	SE05-5	129	Bejero Sandoval Sinuhe*	SE03-23 CARTEL	124
Arreola Karen*	GEOPAL-4	48	Bellikov Evgenij	SE12-1	153
Arrieta García Gerardo F.	GEOQP-1	51	Bellingham Keith	SE14-8	158
Arroyo Cruz Carlos Eduardo	CCA-30	13	Bello Delgado Luis Renato*	RN-14	86
Arroyo Danny	SIS-18	95	Bello Delia*	SE07-4	136
Arteaga Dante*	SE09-4	143	Bello Sánchez Pamela Denny*	SE14-3	157
Arzate Cárdenas Mario Alberto	GGA-7 CARTEL	46	Bello Segura Delia	SE07-9	137
Arzate-Flores Jorge*	EG-31 CARTEL	26	Bello-Segura Delia	SE07-10	138
Arzate Flores Jorge*	GEOH-24 CARTEL	37	Belmares Servin Jonathan	GP-7 CARTEL	39
Arzate Flores Jorge A.	FE-17	30	Beltrán Joel	SE07-7	137
Arzate Flores Jorge Arturo	EG-29 CARTEL	25	Ben-Nun Michal	FE-8	28
Ashida Hernández Eduardo*	OCE-11	71	Benavides-Bravo Francisco Gerardo	GEOQP-16 CARTEL	54
Ashida Hernández Eduardo	OCE-40	77	Benítez Pérez Héctor	MSG-7	58
Austria Mejía Pavel Augusto*	SIS-49 CARTEL	102	Beramendi Laura	SE18-11 CARTEL	174
Ávalos Cueva David	CCA-42	15	Beramendi Orosco Laura*	AR-8	2
Ávalos Cueva David	OCC-14	66	Beramendi Orosco Laura	AR-13 CARTEL	3
Ávalos Cueva David	OCC-16	67	Beramendi Orosco Laura Eugenia	CCA-46	16
Ávalos-Cueva David	SE01-2	111	Bermúdez Romero Anahí*	OCE-37	77
Avellán Denis	VUL-15	108	Bermúdez Romero Anahí	SE12-4	153
Avellán Denis-Ramón	VUL-7	106	Bernabé Ricardo Raquel*	SE20-19 CARTEL	183
Avellán Denis Ramón	VUL-8	106	Bernal Alonso	SE14-22 CARTEL	162
Avellán Denis Ramón	VUL-10	107	Bernal Itzayana	AR-3	1
Avellán Denis Ramón	SE08-1	139	Bernal Juan Pablo	SE05-10	130
Avellán Denis Ramón	SE08-5	140	Bernal Juan Pablo*	SE21-8	186
Avellán López Denis	SE08-11	141	Bernal Manzanilla Karina	SIS-11	94
Avellán López Denis-Ramón	VUL-9	107	Bernal-Manzanilla Karina*	SE20-7	180
Avellán López Denis Ramón	VUL-20 CARTEL	109	Berumen Saldivar Gustavo	MSG-23	61

Bezanilla Alejandro	SE16-6	166	Camacho-Ibar Víctor F.	OCE-19	73
Bezanilla Alejandro	SE16-9	167	Camacho Ibar Víctor F.	OCE-51 CARTEL	79
Bezanilla Alejandro	SE16-10 CARTEL	167	Camacho Miguel	VUL-4	105
Bezanilla Alejandro	SE16-11 CARTEL	167	Camacho Miguel	SE08-6	140
Bezanilla Alejandro	SE18-11 CARTEL	174	Camacho Ortegón Luis Fernando	GEOQP-14	54
Bezanilla Morlot Alejandro*	SE16-15 CARTEL	168	Camargo Pantoja Oscar Fabian	GEOH-19	36
Bhat Harsha S.	SIS-9	93	Camargo Pantoja Oscar Fabian	RN-17 CARTEL	87
Blancas Jorge	AR-3	1	Camargo Pantoja Oscar Fabian*	SE14-4	157
Blancas-Quiroz Mauricio*	SE20-20 CARTEL	184	Cambron Jaziel Froylan*	GET-2	40
Blancas Vázquez Jorge*	AR-1	1	Campion Robin	VUL-22 CARTEL	110
Blanco Morales Ericka Sofia*	AR-2	1	Campion Robin	SE20-3	179
Bocio Mariajesus	SE16-10 CARTEL	167	Campion Robin	SE20-4	179
Bograd Steven	SE17-7	170	Campion Robin	SE20-18 CARTEL	183
Böhnel Harald	GEOPAL-3	48	Campos Gonzales Fernando Eder*	OCE-36	76
Böhnel Harald	GEOPAL-9	50	Campos Granados Angélica Sarai*	SE09-9	145
Böhnel Harald	GEOPAL-11 CARTEL	50	Cana Cascallar Luis	OCE-35	76
Böhnel Harald*	SE10-1	146	Candela Julio	OCE-23	74
Böhnel Harald	SE10-7	147	Cano Berenice	CCA-56 CARTEL	17
Böhnel Harald	SE14-11	159	Cano González Katty Grisel*	GEOQP-9	53
Boijseauneau López Mario Emmanuel*	GEOQP-10	53	Cano Ricárdez Teresita	CCA-60 CARTEL	18
Boijseauneau López Mario Emmanuel	GEOQP-11	53	Capra Lucia*	VUL-23 CARTEL	110
Bollasina Massimo	CCA-4	7	Capra Lucia	SE08-8	141
Bolongaro Crevenna Recaséns Andrea	GEOH-1	32	Capra Lucia*	SE20-9	181
Boudin Frédérique	SIS-34	99	Carabali Sandoval Giovanni	CCA-7	8
Bower Amy	OCE-3	69	Caraballo Ramón	FE-12	29
Bower Amy	OCE-45 CARTEL	78	Carbajal Noel	CCA-52 CARTEL	17
Briones-Carrillo Jorge Alberto*	GP-5 CARTEL	39	Carbajal Noel	CCA-54 CARTEL	17
Briones-Carrillo Jorge Alberto*	GP-8 CARTEL	39	Carbajal Noel	CCA-55 CARTEL	17
Briones Gallardo Roberto	GEOQP-13	54	Carballo David	AR-1	1
Brito Castillo Luis	CCA-39	14	Carciumaru Dana	GEOH-3	32
Bucio Mariajesús	SE16-4	165	Carciumaru Dana*	GEOH-21 CARTEL	36
Bullock Stephen	SE18-3	171	Carciumaru Dana	SE07-7	137
Bulychev Andrey	GET-5	41	Cardenas Arturo	SIS-43 CARTEL	101
Cabadas Báez Héctor Víctor	AR-7	2	Cárdenas Lucio Ana Victoria	MSG-30 CARTEL	63
Caballero García Ana María Lizeth	SE08-12	142	Cárdenas Monroy Caridad*	SE19-2	176
Caballero García Ana María Lizeth	SE20-10	181	Cárdenas Monroy Caridad	SE19-7	177
Caballero García Ana María Lizeth	SE20-19 CARTEL	183	Cardona Antonio	SE11-1	149
Caballero-García Lizeth	SE20-20 CARTEL	184	Cardona Benavides Antonio	SE11-2	149
Caballero Lizeth	SE20-11	181	Caress David	GET-4	40
Caballero Lizeth	SE20-21 CARTEL	184	Carlón A. Teodoro	VUL-14	108
Caballero Margarita	SE05-1	128	Carlón Allende Teodoro	SE08-1	139
Caballero Margarita*	SE05-2	128	Carlón Allende Teodoro*	SE08-11	141
Caballero Margarita	SE05-4	129	Carlón Teodoro	VUL-15	108
Caballero Margarita	SE05-13 CARTEL	131	Carmona Escalante Armando	SE15-2	163
Caballero Miranda Cecilia	SE10-8	147	Carramiñana Alonso Alberto	FE-3	27
Caballero Miranda Cecilia Irene	SE10-2	146	Carranco Lozada Simón Eduardo	GET-12 CARTEL	42
Caballero Miranda Cecilia Irene*	SE10-11	148	Carranza-Castañeda Oscar	PALEO-2 CARTEL	81
Caballero Miranda Cecilia Irene	SE10-12	148	Carrasco Gerardo	SE09-6	144
Cabral Cano Enrique*	SE19-4	176	Carrasco-Vega Yessica*	SE04-3	125
Cabral Cano Enrique	SE19-5	177	Carreola Silva Aurora Guadalupe*	SE11-14 CARTEL	152
Cabral Cano Enrique	SE19-7	177	Carrera-Hernández Jaime	GEOH-11	34
Cabrera Carlos	SE13-4	155	Carrillo-Chávez Alejandro	CS-1	4
Cabrera Carlos*	SE13-5	156	Carrillo Chávez Alejandro	GGA-5 CARTEL	46
Caccavari Ana	FE-17	30	Carrillo Laura	SE01-2	111
Caccavari Garza Ana	FE-18	30	Carrillo Laura	SE17-2	169
Caccavari-Garza Ana*	SE19-9 CARTEL	177	Carrillo López Jonathan*	EG-20 CARTEL	24
Caccavari Garza Ana Luz	SE19-7	177	Carrillo Mondragón José Juan	GET-3	40
Caceres Fabio*	SE14-8	158	Carrillo Mondragón José Juan	SE08-2	139
Cadena Adriana	SE18-11 CARTEL	174	Carrillo Mondragón José Juan*	SE08-4	140
Cadena Andrea	SE16-10 CARTEL	167	Carrillo Rivera José Joel*	SE11-1	149
Cadena Andrea	SE16-11 CARTEL	167	Carrillo Rivera José Joel	SE11-3	149
Cadena Caicedo Andrea	SE16-15 CARTEL	168	Carrillo Rivera José Joel	SE11-4	150
Cadena Caicedo Andrea J.*	SE16-6	166	Carrillo Rivera José Joel	SE11-14 CARTEL	152
Caetano Ernesto	CCA-57 CARTEL	18	Carrillo Sánchez David Leonardo*	SE07-2	136
Calderón Bustamante Oscar*	CCA-8	8	Carrillo Vargas Armando*	FE-16	29
Calderón Ezquerro María del Carmen Leticia*	CCA-10	9	Carrillo-Vargas Armando	FE-18	30
Calmus Thierry*	SE06-1	132	Carrillo-Vargas Armando	SE19-9 CARTEL	177
Calmus Thierry	SE06-11 CARTEL	134	Carsolio-Priego Ernesto	OCC-1	64
Calò Marco	EG-20 CARTEL	24	Casarín Plugia Federico	SE08-9	141
Calò Marco	SIS-13	94	Casillas-Aviña Gael Emiliano	SE15-3	163
Calò Marco*	SIS-22	96	Castañeda Miranda Ana Gabriela	GGA-4	45
Calò Marco	SIS-55 CARTEL	103	Castañeda Miranda Ana Gabriela	SE14-11	159
Calò Marco	SIS-58 CARTEL	104	Castellano Corrado	SIS-13	94
Calò Marco	VUL-2	105	Castellano Corrado	VUL-2	105
Calò Marco*	VUL-13	107	Castellanos Martínez Sheila	SE13-7	156
Calò Marco*	SE07-8	137	Castellanos Velazco Carlos Isaac	FE-12	29
Calò Marco	SE20-7	180	Castellanos Velazco Carlos Isaac	FE-17	30
Calvo Ana I.	CCA-58 CARTEL	18	Castillo Eduardo	GEOH-17	35
Calvo Ana I.	CCA-59 CARTEL	18	Castillo Liñan Salvador*	CCA-27	12
Calvo Ramos Daniela kristell*	GGA-5 CARTEL	46	Castillo Miguel	SE06-9 CARTEL	134
Camacho González Angela Valeria	MSG-30 CARTEL	63	Castillo Pensado Juan Luis	EG-13	22
Camacho-Ibar Víctor	OCE-16	72	Castillo Perez Nadia Itzel*	CCA-24	11
Camacho-Ibar Víctor F.	OCE-13	71	Castillo Reynoso Juan Carlos	SE06-7	133
Camacho-Ibar Víctor F.*	OCE-14	72	Castillo Reynoso Juan Carlos	SE06-10 CARTEL	134
Camacho-Ibar Víctor F.	OCE-15	72	Castillo Solís Jesús	EG-8	21

Castillo Solís Jesús*	EG-21 CARTEL	24	Cifuentes Nava Gerardo	FE-18	30
Castro Artola Oscar*	SIS-26	97	Cifuentes-Nava Gerardo	SE19-9 CARTEL	177
Castro Artola Oscar	SIS-40 CARTEL	100	Cisneros Guillermo	VUL-15	108
Castro Artola Oscar Alberto	SIS-11	94	Cisneros Guillermo	VUL-23 CARTEL	110
Castro Artola Oscar Alberto	SIS-52 CARTEL	102	Cisneros M. Guillermo*	VUL-14	108
Castro Artola Oscar Alberto	SE07-6	137	Cisneros-Máximo Guillermo	VUL-7	106
Castro Castañeda Jorge*	OCE-39	77	Cisneros-Máximo Guillermo	VUL-9	107
Castro Colín Amador	MSG-31 CARTEL	63	Cisneros Máximo Guillermo	SE04-10 CARTEL	127
Castro Colín Amador*	SE09-7	144	Cisneros Máximo Guillermo	SE08-1	139
Castro Colín Amador	SE09-8	144	Cisneros Máximo Guillermo	SE08-11	141
Castro-Díaz Jaime Omar	CCA-62 CARTEL	19	Cisneros Sebastián*	OCE-6	70
Castro Escamilla Minerva	SE20-12	182	Clague David	GET-4	40
Castro Escamilla Raúl Ramón	SIS-24	97	Coba Morales Luis Alberto*	AR-6	2
Castro Escamilla Raúl Ramón*	SE06-8	134	Coba Morales Luis Alberto	AR-8	2
Castro Escamilla Raúl Ramón*	SE07-1	136	Coba Morales Luis Alberto	AR-13 CARTEL	3
Castro Hidalgo Darling Fabiola*	MSG-27	62	Cocufame Ricardo Danny Alexander*	EG-7	21
Castro López Valerio	SED-6 CARTEL	91	Colchado Casas Juan Carlos	MSG-10	59
Castro Morales Jorge Daniel*	SIS-51 CARTEL	102	Colchado Casas Juan Carlos*	MSG-11	59
Castro Oscar	SIS-41 CARTEL	100	Colín García María	SE03-3	119
Castro Raúl R.	SIS-27	97	Colín García María	SE03-24 CARTEL	124
Castro Romero Telma Gloria*	SE22-1	188	Colín García María	SE03-25 CARTEL	124
Castro Zarate Martha Edith*	SE11-11	151	Condori Cristobal	MSG-14	59
Castruita Esparza Luis Ubaldo	SE18-9	173	Contreras Figueroa Gabriela*	PALEO-3 CARTEL	81
Caudillo González Martín*	SE21-7	186	Contreras Galván René	GEOH-15	35
Cavazos Pérez María Tereza	CCA-14	9	Contreras Galván René	MSG-9	58
Cavazos Tereza*	CCA-11	9	Contreras Juan	GET-4	40
Cavazos Tereza	CCA-53 CARTEL	17	Contreras López Manuel*	GEOQP-1	51
Cavazos Tereza	SE17-9	170	Contreras-López Manuel	GEOQP-6	52
Cazares Alexandra	GEOH-3	32	Contreras-López Manuel	GEOQP-15 CARTEL	54
Cazares Alexandra	GEOH-21 CARTEL	36	Contreras Pacheco Yessica*	OCE-21	73
Cejudo Rubén	GEOPAL-4	48	Contreras Pacheco Yessica Vanessa*	OCE-50 CARTEL	79
Cejudo Rubén	GEOPAL-5	49	Contreras Pérez Juan*	GET-1	40
Cejudo Rubén	GEOPAL-7	49	Contreras Pérez Juan	VUL-18	109
Centeno Félix	VUL-13	107	Contreras Veronica Adriana Alejandra*	OCE-4	69
Centeno Salas Félix*	MSG-10	59	Coppolae Erika	SE17-9	170
Centeno Salas Félix	MSG-11	59	Corbo Camargo Fernando	EG-28 CARTEL	25
Cerca-Martínez Luis Mariano	GET-11 CARTEL	42	Corbo Camargo Fernando	EG-29 CARTEL	25
Cerca-Martínez Luis Mariano	VUL-16	108	Corbo Camargo Fernando	FE-17	30
Cerca-Martínez Luis Mariano	VUL-17	109	Corbo-Camargo Fernando	GEOH-24 CARTEL	37
Cerca-Ruiz María Fernanda	GET-11 CARTEL	42	Corbo Fernando	EG-31 CARTEL	26
Cerda Vázquez María del Rosario	SED-5 CARTEL	91	Cordero Nathali	OCE-3	69
Cerezo Mota Ruth	CCA-27	12	Cordero Quirós Nathali*	OCE-45 CARTEL	78
Cervantes Jiménez Mónica	SE18-3	171	Cordero Quirós Nathali*	SE17-7	170
Cervantes López Uriel Oswaldo	RN-7	84	Cordero Quirós Nathali	SE17-8	170
Cervantes Miguel	GEOPAL-7	49	Cordero Tercero Guadalupe	SE03-19 CARTEL	123
Cervantes Solano Miguel Ángel*	GEOPAL-1	48	Cordero Tercero María Guadalupe*	SE03-11	121
Cervantes Solano Miguel Ángel	GEOPAL-2	48	Cordero Tercero María Guadalupe	SE03-12 CARTEL	121
Cervantes Solano Miguel Ángel	GEOPAL-5	49	Cordero Tercero María Guadalupe	SE03-13 CARTEL	121
Cervantes Solano Miguel Ángel	GEOPAL-8	49	Cordero Tercero María Guadalupe	SE03-14 CARTEL	122
Cervantes de la Cruz Karina Elizabeth	SE03-9	121	Córdoba Francisco*	SE08-7	140
Cetina Heredia Paulina*	SE17-5	170	Córdoba Francisco	SE08-10	141
Chablé-Martínez Ricardo Alberto	GEOH-16	35	Córdoba-Montiel Francisco	SE08-3	139
Chacón-Baca Elizabeth	GEOQP-16 CARTEL	54	Córdoba-Montiel Francisco	SE08-6	140
Chacón-Baca Elizabeth*	PALEO-4 CARTEL	81	Córdoba-Montiel Francisco	SE08-8	141
Chacón Baca Elizabeth	SE03-20 CARTEL	123	Córdoba Montiel Francisco*	SE21-12	186
Chacón Francisco*	SIS-17	95	Córdova Carlos	AR-8	2
Chakraborty Tapajyoti	SE17-9	170	Córdova Molina Cynthia del Carmen*	SE11-2	149
Chance Kelly	SE16-1	165	Coria Monter Erik	OCE-18	73
Chance Kelly	SE16-13 CARTEL	167	Cornuelle Bruce	OCE-3	69
Chaparro Marcos A. E.	SE14-11	159	Cornuelle Bruce	OCE-45 CARTEL	78
Chaparro Mauro A. E.	SE14-11	159	Corona-Romero Pedro	FE-7	28
Chávez Cabello Gabriel	EG-10	22	Corona Romero Pedro	FE-12	29
Chávez Cabello Gabriel*	GET-7	41	Corona-Romero Pedro	FE-13	29
Chávez-Cabello Gabriel	GET-11 CARTEL	42	Corona-Romero Pedro*	FE-17	30
Chávez Cabello Gabriel	GEOQP-9	53	Corona-Romero Pedro*	GEOPAL-10	50
Chávez Cabello Gabriel	GEOQP-14	54	Corona-Romero Pedro*	SE19-1	176
Chávez-Cabello Gabriel	VUL-16	108	Coronel Claudia*	SE14-5	158
Chávez-Cabello Gabriel	VUL-17	109	Corral Kotry Michel Manuel*	SE14-16 CARTEL	160
Chávez-Guajardo Alicia Elizabeth	RN-4	84	Corral Quintanar Alvaro	SE14-19 CARTEL	161
Chávez Hernández Omar Cristian	RN-24 CARTEL	88	Corral Quintanar Alvaro Martin*	SE14-13 CARTEL	160
Chávez Lara Claudia Magali*	SE05-7	129	Corrales Suastegui Arturo	CCA-9	8
Chávez Lara Claudia Magali*	SE05-13 CARTEL	131	Corrales Suastegui Arturo	CCA-42	15
Chávez Olivares Bianca Jazmín*	GEOQP-13	54	Correa Pérez Juan Gabriel*	OCE-25	74
Chávez René	VUL-12	107	Cortés Alejandra	GEOH-19	36
Chávez Segura René Efraín	EG-1	20	Cortés Barajas Alicia Ximena*	SIS-55 CARTEL	103
Chávez Segura René Efraín	GET-10 CARTEL	42	Cortes Cuamatzi Jose Adrian	EG-9	22
Chávez Segura René Efraín	RN-7	84	Cortes Jorge	CCA-59 CARTEL	18
Chavoya Gama Jorge Ignacio	EG-26 CARTEL	25	Cortés-Lara María del Carmen	OCC-15	67
Che Ke	SE16-9	167	Cortés Silva Alejandra*	GEOH-23 CARTEL	37
Choi Hannah	GET-14 CARTEL	43	Cortés Silva Alejandra	SE14-4	157
Chow Martínez Marcel	MSG-27	62	Cossío Torres Tomás	EG-25 CARTEL	24
Chue Hong Neil	SE12-1	153	Costa de Almeida Tenreiro Miguel José	OCE-6	70
Cienfuegos Alvarado Edith	CCA-46	16	Costa de Almeida Tenreiro Miguel José	OCE-8	70
Cifuentes Gerardo	SE20-1	179	Costa de Almeida Tenreiro Miguel José	OCE-12	71
Cifuentes Nava Gerardo	FE-17	30	Cousens Brian	GET-4	40

Crawford James*	SE16-2	165	Delgado Argote Luis Alberto	RN-1	83
Crawford James*	SE16-14 CARTEL	168	Delgado Argote Luis Alberto*	RN-2	83
Cros Anne	SE12-2	153	Delgado Balbuena Josué	SE18-1	171
Cros Anne	SE12-3	153	Delgado Balbuena Josué	SE18-3	171
Cruz-Atienza Víctor M.	SIS-33	98	Delgado Franco Ángel Adrián*	GGA-7 CARTEL	46
Cruz-Atienza Víctor M.*	SIS-34	99	Delgado-Granados Hugo	SE08-6	140
Cruz Atienza Víctor M.	SE07-9	137	Delgado Granados Hugo	SE20-3	179
Cruz-Atienza Víctor M.*	SE07-10	138	Delgado Granados Hugo	SE20-4	179
Cruz Atienza Víctor Manuel	SIS-30	98	Delgado Granados Hugo	SE20-14 CARTEL	182
Cruz-Castañeda Jorge A.	SE02-16	116	Delgado Granados Hugo	SE20-22 CARTEL	184
Cruz-Castañeda Jorge A.	SE03-1	119	Delgado Hugo	SE20-18 CARTEL	183
Cruz-Castañeda Jorge A.	SE03-22 CARTEL	123	Delgado Rodríguez Omar	EG-23 CARTEL	24
Cruz-Castañeda Jorge Armando	CS-4	4	Delmotte Marc	SE18-8	173
Cruz-Castañeda Jorge Armando	CS-7 CARTEL	5	Denardini Clezio	FE-19	30
Cruz-Castañeda Jorge Armando	SE03-2	119	Di Luccio Francesca	SIS-13	94
Cruz Castañeda Jorge Armando*	SE03-4	120	Di Luccio Francesca	SIS-58 CARTEL	104
Cruz Castañeda Jorge Armando	SE03-5	120	Di Luccio Francesca	VUL-2	105
Cruz-Castañeda Jorge Armando	SE03-15 CARTEL	122	Di Luccio Francesca	SE07-8	137
Cruz-Castañeda Jorge Armando	SE03-17 CARTEL	122	Díaz Asencio Misael	OCE-21	73
Cruz-Castañeda Jorge Armando	SE03-18 CARTEL	123	Díaz Castillo Sofía Guadalupe*	OCE-46 CARTEL	79
Cruz Cruz Karla Gabriela*	VUL-9	107	Díaz Corte Amelia	GET-3	40
Cruz Hernández Abigail Elvira	SE03-24 CARTEL	124	Díaz Espinosa Kenya*	SE10-4	146
Cruz Hernández Abigail Elvira*	SE03-25 CARTEL	124	Díaz Félix Gabriela	SE08-8	141
Cruz Hernández Favio*	SIS-24	97	Díaz-Gutiérrez David Eduardo*	SE17-6	170
Cruz Jiménez Hugo*	SIS-5	93	Díaz Méndez Guillermo M.	SE14-17 CARTEL	160
Cruz Jiménez Marcos Benjamín	GEOQP-13	54	Díaz Méndez Guillermo Mauricio	OCC-13	66
Cruz López Donaji Xóchitl	CS-6 CARTEL	5	Díaz Torres José de Jesús*	SE01-7	112
Cruz Natalio Lourdes Michelle*	GP-1	38	Díaz Torres José de Jesús*	SE16-8	166
Cruz Olivia	VUL-21 CARTEL	110	Díaz de Cossio Guillermo	SIS-41 CARTEL	100
Cruz Palma Jorge Ezra	AR-4	1	Djaafri Ibtissem Djaafri*	SE11-4	150
Cruz-Pastrana Daniela Alejandra	SE13-2	155	Dominguez Acosta Miguel	CS-8 CARTEL	6
Cruz Ronquillo Olivia	GEOH-6	33	Dominguez Acosta Miguel	CS-9 CARTEL	6
Cruz Ronquillo Olivia	GGA-6 CARTEL	46	Dominguez Acosta Miguel	GGA-9 CARTEL	46
Cruz Ronquillo Olivia	SE20-5	180	Dominguez Acosta Miguel	GEOQP-18 CARTEL	55
Cruz Silva Esmeralda*	SE05-6	129	Dominguez Acosta Miguel*	SE04-6	126
Cruz Víctor	SIS-59 CARTEL	104	Dominguez Acosta Miguel	SE18-17 CARTEL	175
Cucci Luigi	SIS-13	94	Dominguez Luis A.	SIS-34	99
Cucci Luigi	VUL-2	105	Dominguez Luis A.	SE07-9	137
Cuéllar Treviño Virginia Guadalupe	EG-8	21	Dominguez Luis A.	SE07-10	138
Cuéllar Treviño Virginia Guadalupe	EG-21 CARTEL	24	Dominguez Pérez Carlos Alejandro*	CCA-41	15
Cuesta Castillo Lara Bárbara*	SE19-10 CARTEL	178	Dominguez Ramírez Luis Antonio*	SIS-30	98
Cueva Alejandro	SE18-11 CARTEL	174	Dominguez Ramírez Luis Antonio	SIS-31	98
Cueva Rodríguez Alejandro	SE18-3	171	Dominguez Ramírez Luis Antonio	SIS-46 CARTEL	101
Cuevas Muñoz Arturo	SE03-11	121	Dominguez Ramírez Luis Antonio	SIS-53 CARTEL	102
Cupul-Magaña Amílcar Levi	OCC-15	67	Dominguez Ramírez Luis Antonio*	SE07-3	136
Cupul Velázquez Ana Mercedes	EG-26 CARTEL	25	Dominguez-Vázquez Gabriela	SED-3	90
Cupul-Velázquez Ana Mercedes*	OCC-15	67	Dominguez Vázquez Gabriela*	SED-6 CARTEL	91
Custodio Susana	SIS-19	96	Dominguez Zannie Paloma	AR-4	1
Da Silva Rodrigo Florencio	CCA-60 CARTEL	18	Dominguez Zannie Paloma*	AR-12 CARTEL	3
Da Silva Rodrigo Florencio	SE20-15 CARTEL	182	Douilly Roby	SIS-1	92
Dávila Cisneros Saúl*	GGA-4	45	Dubinin Evgenyi	GET-5	41
Dávila-Harris Pablo	GET-11 CARTEL	42	Duque Jesús*	SE21-2	185
Dávila-Harris Pablo	VUL-16	108	Duque Trujillo José	GEOQP-19 CARTEL	55
Dávila-Harris Pablo	VUL-17	109	Durán López Aldo Agustín	MSG-4	57
Dawson Todd	SE18-5	172	Durante Barajas Giovanni*	OCE-23	74
De Basabe Jonas	OCE-37	77	Durante Giovanni	OCE-7	70
De Gyves López Juan Sebastian*	GEOH-12	34	Durante Giovanni	OCE-24	74
De Marez Charly	OCE-29	75	Durazo Reginaldo	OCC-4	64
De Santos Medina Ana Lucia*	OCE-26	74	Durazo Reginaldo	OCE-16	72
De la Cruz López Carlos Alberto*	SIS-31	98	Dzul Aguilar Oscar Alonso	CCA-21	11
De la Cruz-Reyna Servando	VUL-3	105	Dzul García Oscar	CCA-21	11
De la Cruz Reyna Servando	VUL-21 CARTEL	110	Echeverri Sebastian	GEOQP-7	52
De la Cruz Reyna Servando	SE20-5	180	Edgar Josué Arellano	SE16-10 CARTEL	167
De la Fraga Pasquinel*	CCA-53 CARTEL	17	Edwards David	SE16-3	165
De la Fraga Pasquinel*	GEOH-13	34	Elbjorn-Flores Ilse	SE02-13	116
De la Luz Víctor*	MSG-19	61	Elenes Rivera Juan Antonio	SE15-1	163
De la Rosa Andrade Jonathan Edin*	EG-8	21	Elenes Rivera Juan Antonio	SE15-4	163
De la Rosa Andrade Jonathan Edin	EG-21 CARTEL	24	Elliott Cruz Jennifer	GP-7 CARTEL	39
De la Rosa José	SE02-16	116	Enciso Cárdenas Juan Josué	GEOQP-14	54
De la Rosa José	SE03-22 CARTEL	123	Enríquez Ortiz Cecilia	OCC-4	64
De la Torre Gomora Miguel Ángel	CS-3	4	Enríquez Ortiz Cecilia Elizabeth	OCE-18	73
De la luz Rodríguez Víctor Hugo*	MSG-20	61	Escalante Ramírez Boris	MSG-7	58
Del Pilar-Martínez Alexis	SE02-13	116	Escalona Alcázar Felipe de Jesús	CCA-21	11
Del Pilar Martínez Alexis	SE06-6	133	Escalona-Alcázar Felipe de Jesús*	RN-4	84
Del Pilar Martínez Alexis*	SE06-7	133	Escalona Alcázar Felipe de Jesús	SE07-2	136
Del Pilar Martínez Alexis	SE06-10 CARTEL	134	Escamilla Casas José Cruz	RN-21 CARTEL	87
Del Pilar Martínez Alexis	SE06-11 CARTEL	134	Escobar Gonzaga Jocelyn*	RN-24 CARTEL	88
Del Razo González Abraham	GET-5	41	Escobar Lennin	SE22-4	188
Del Real Olvera Jorge	SE01-7	112	Escolero Fuentes Oscar*	SE11-6	150
Del Rio-Salas Rafael	SE06-4	133	Escolero Fuentes Oscar Arnoldo	GEOH-18	35
Del Rio Salas Rafael	SE06-5	133	Escolero Fuentes Oscar Arnoldo	SE11-5	150
Del-Toro-Guerrero Francisco José	CCA-53 CARTEL	17	Escolero Oscar	SE11-7	150
Delgadillo Jauregui Nestor Fernando*	CS-3	4	Escolero Oscar	SE11-10	151
Delgado Argote Luis Alberto	GEOQP-15 CARTEL	54	Escolero Oscar	SE11-12	152
Delgado Argote Luis Alberto	GEOQP-17 CARTEL	55	Escudero Ayala Christian René	EG-7	21

Escudero Ayala Christian René	GGA-3	45	Filonov Anatoliy	SE01-2	111
Escudero Ayala Christian René	MSG-27	62	Filonov Anatoliy	SE01-3	111
Escudero Ayala Christian René	RN-8	85	Filonov Anatoliy	SE01-4	111
Escudero Ayala Christian René	RN-11	85	Fletcher John	GET-2	40
Escudero Ayala Christian René	SIS-10	93	Fletcher John*	GET-4	40
Escudero Ayala Christian René*	SIS-14	94	Fletcher John	VUL-19 CARTEL	109
Escudero Ayala Christian René	SIS-20	96	Flores-Cano José Valente	GP-8 CARTEL	39
Espindola Castro Juan Manuel	SIS-44 CARTEL	101	Flores Castro Kinardo	CCA-17	10
Espindola-Castro Víctor Hugo	SIS-27	97	Flores-Chávez Edgardo	OCC-16	67
Espindola Castro Víctor Hugo	SE07-5	137	Flores Guzmán Mario	SE20-19 CARTEL	183
Espindola Juan Manuel	VUL-11	107	Flores Luna Carlos Francisco	EG-12	22
Espindola Víctor H.	SE07-9	137	Flores Márquez Elsa Leticia	EG-1	20
Espindola Víctor H.	SE07-10	138	Flores Márquez Elsa Leticia	MSG-18	60
Espindola Víctor Hugo	SIS-3	92	Flores Márquez Elsa Leticia	MSG-28	62
Espindola Víctor Hugo	SIS-18	95	Flores Márquez Elsa Leticia	SIS-56 CARTEL	103
Espindola Víctor Hugo*	SIS-43 CARTEL	101	Flores Morales Ana Laura	OCC-2	64
Espindola Víctor Hugo	SE07-7	137	Flores Morales Ana Laura	OCC-5	65
Espinosa Fernández Estefanía*	SE14-1	157	Flores Morales Ana Laura	OCC-6	65
Espinosa Fernández Estefanía	SE14-3	157	Flores Ocampo Itzamna Zaknite	GEOH-22 CARTEL	36
Espinosa María de la Luz	SE18-11 CARTEL	174	Flores Ocampo Itzamna Zaknite	GGA-5 CARTEL	46
Espinosa Maripaz*	SE20-18 CARTEL	183	Flores Ocampo Itzamna Zaknite*	OCE-22	74
Espinosa Nuria*	SE21-1	185	Flores Rentería Dulce	SE18-3	171
Espinosa-Paredes Gilberto	GP-8 CARTEL	39	Flores Rentería Dulce Yaahid	CS-5	5
Espinosa Ramírez Alejandro Camilo*	OCE-31	75	Flores Tavizón Edith	SE18-7	173
Espinosa Ramírez Alejandro Camilo	SE12-2	153	Flores-Vidal Xavier	SE17-2	169
Espinosa Ramírez Alejandro Camilo*	SE12-3	153	Flores de Dios González Luis Antonio	SE09-1	143
Espinosa Rentería Julieta Isabel	SE21-8	186	Florez Amaya Sandra Lorena	GEOQP-3	51
Espinoza Galaz Maripaz Y.	SE20-4	179	Fonseca Hugo Landa	SE16-2	165
Espinoza Inocente Guadalupe	SE06-5	133	Fonseca Hugo Landa	SE16-14 CARTEL	168
Espinoza Juárez Tania Karen*	GEOH-4	32	Frailé Roberto	CCA-58 CARTEL	18
Esqueda Maldonado Crista	GET-3	40	Frailé Roberto	CCA-59 CARTEL	18
Esquipula López Mauricio	SIS-11	94	França George S.	MSG-14	59
Esquivel Herrera Katya	SE18-9	173	Franco Osvaldo	SE06-9 CARTEL	134
Esquivel-Mendiola Leonarda I.*	SIS-12	94	Franco Sara	SIS-34	99
Esquivel Trava Bernardo	OCC-13	66	Franco Sara Ivonne	SIS-3	92
Estaco Estévez Edgar Stefano*	SE01-3	111	Fregoso Becerra Emilia	MSG-21	61
Estevez-Delgado Joaquín	FE-1	27	Frei Dirk	GEOQP-4	51
Estévez Pérez Héctor Raúl	SE19-8	177	Frias Diego	SE03-19 CARTEL	123
Estrada Allis Sheila	OCE-9	70	Frias Gómez Itzel Gabriela*	SIS-10	93
Estrada Allis Sheila	OCE-10	71	Fritz-Díaz Elisa	EG-31 CARTEL	26
Estrada Allis Sheila	OCE-41	77	Fuenlabrada José Manuel	GEOQP-5	52
Estrada-Allis Sheila Natalí	OCE-11	71	Fuentes Arreazola Mario Alberto	EG-11	22
Estrada-Allis Sheila Natalí	OCE-13	71	Fuentes Arreazola Mario Alberto	EG-26 CARTEL	25
Estrada-Allis Sheila Natalí	OCE-19	73	Fuentes-Arreazola Mario Alberto	OCC-15	67
Estrada Allis Sheila Natalí	OCE-26	74	Fuentes Bustillos Karina*	VUL-18	109
Estrada Allis Sheila Natalí*	OCE-28	75	Fuentes Carreón Claudio Alejandro*	SE03-5	120
Estrada-Allis Sheila Natalí	SE17-5	170	Fuentes Rivas Rosa María	GEOH-7	33
Estrada Allis Sheila Natalí	SE17-8	170	Galaviz Alonso Alberto	RN-23 CARTEL	88
Estrada-Allis Sheila Natalí	SE17-9	170	Galaviz Alonso Alberto	RN-24 CARTEL	88
Estrada-Carmona Juliana	GEOQP-15 CARTEL	54	Galaviz González José Roberto	CCA-42	15
Estrada Oviedo Jonathan Josias	EG-21 CARTEL	24	Galaviz-López Juan Manuel	OCC-1	64
Estrada Porrua Francisco*	CCA-2	7	Galicia García Anaid	SE02-15	116
Estrada Porrua Francisco	CCA-8	8	Galicia Sarmiento Leopoldo	CCA-26	12
Estrada Vargas Arturo	GGA-1	45	Gallardo Delgado Luis	SIS-36 CARTEL	99
Faber Johannes	SIS-57 CARTEL	103	Gallardo Juárez Vanessa	MSG-11	59
Famiani Daniela	SIS-13	94	Gallardo Luis A.	MSG-1	57
Famiani Daniela	VUL-2	105	Gallegos Castillo Cristian Alejandro	EG-6	21
Farfán Francisco	SIS-41 CARTEL	100	Gallegos Cristian	GET-8 CARTEL	41
Farfán Molina Luis Manuel	CCA-31	13	Gallegos Flores Andrea Monserrat	SE03-11	121
Farneti Riccardo	SE17-9	170	Galván-Magaña Felipe	OCC-17	67
Farrera Salazar Dario	MSG-30 CARTEL	63	Galván-Magaña Felipe	OCC-18 CARTEL	67
Favoretto Fabio	SE17-4	169	Galván Ramos Daniela Rubi*	OCC-11	66
Félix Pertion Mathieu	SIS-4	92	Gama Campillo Lilia María	SIS-15	95
Felix Rafael	SIS-3	92	Gámez José Antonio*	SIS-58 CARTEL	104
Fernández Angélica	SE20-18 CARTEL	183	Garatuza-Payán Jaime	SE18-6	172
Fernández Díaz Violeta Zetzangari	OCE-39	77	Garatuza-Páyan Jaime	SE18-12 CARTEL	174
Fernández Díaz Violeta Zetzangari	SE05-5	129	Garatuza Payán Jaime	SE18-13 CARTEL	174
Fernández Hernández Héctor Abel*	MSG-15	60	Garatuza-Payán Jaime	SE18-14 CARTEL	174
Fernández Pineda Angélica*	SE20-4	179	Garay Adolfo*	GET-11 CARTEL	42
Fernández Pineda Angélica	SE20-14 CARTEL	182	García Adrián*	SE04-7	126
Fernández Pineda Angélica	SE20-22 CARTEL	184	García Agustín	SE20-18 CARTEL	183
Fernández Salvador*	SE08-1	139	García Amador Bernardo	SE10-8	147
Fernández Salvador	SE08-11	141	García Amador Bernardo Ignacio*	SE10-2	146
Ferrari Luca	GEOQP-19 CARTEL	55	García Amador Bernardo Ignacio	SE10-6	147
Ferrari Luca	SE06-7	133	García Amador Bernardo Ignacio	SE10-11	148
Ferrari Luca*	SE12-7	154	García Amador Bernardo Ignacio	SE10-12	148
Figueroa Bernardo	SE18-11 CARTEL	174	García Arthur Miguel Angel	SIS-36 CARTEL	99
Figueroa Espinoza Bernardo	SE14-2	157	García-Carrillo Paula	OCE-3	69
Figueroa Espinoza Bernardo	SE18-3	171	García Carrillo Paula	OCE-53 CARTEL	80
Figueroa Espinoza Bernardo	SE18-4	172	García Cruzado Sergio Armando	RN-7	84
Figueroa J. Víctor Hugo Paramo	SE16-2	165	García Cruzado Sergio Armando*	RN-22 CARTEL	88
Figueroa J. Víctor Hugo Paramo	SE16-14 CARTEL	168	García Delgado Mario Eduardo*	SE07-11 CARTEL	138
Figueroa Rangel Blanca L.	SE05-1	128	García Enríquez Mauro Miguel de Jesús	SIS-45 CARTEL	101
Filonov Anatoliy	OCC-9	65	García Fierros Fátima	SE20-14 CARTEL	182
Filonov Anatoliy*	OCC-16	67	García García Edith Xiomara	EG-22 CARTEL	24

García García Edith Xiomara	GGA-3	45	Gómez Estrada Eduardo Miguel*	PALEO-1 CARTEL	81
García Gómez Beatriz Ixetl*	OCE-10	71	Gómez González Juan Martín	SE07-2	136
García-León Jozyc	SE05-10	130	Gómez González Juan Martín	SE07-11 CARTEL	138
García Loginova Vladimir*	CCA-22	11	Gómez Hernández Osvaldo Abraham*	FE-2	27
García Lucero Ángeles Berenisse	OCE-9	70	Gómez Latorre Douglas Andrés	CCA-30	13
García Lucero Ángeles Berenisse*	OCE-47 CARTEL	79	Gómez Martínez Yazmin del Rosario	GP-7 CARTEL	39
García Martínez Ivonne*	CCA-4	7	Gómez Nicolás Mariana Patricia	EG-24 CARTEL	24
García Martínez Ivonne	OCE-9	70	Gómez-Ocampo Eliana	OCE-19	73
García Martínez Ivonne	SE17-5	170	Gómez Ramos Octavio	OCC-10	66
García Mendoza Emiliano	EG-8	21	Gómez Ramos Octavio*	SE19-3	176
García Meza Ignacio	GEOD-1	31	Gómez Ramos Octavio	SE19-6	177
García Meza Ignacio	SIS-37 CARTEL	99	Gómez Ramos Octavio	SE19-7	177
García-Nava Héctor	OCC-1	64	Gómez-Valdés José	OCE-36	76
García Nava Héctor	OCC-13	66	Gómez-Valdés José	OCE-38	77
García-Nava Héctor	OCC-20 CARTEL	68	Gómez-Valdés José*	OCE-40	77
García-Nava Héctor	SE17-2	169	Gómez Valdés José	SE13-1	155
García Navarrete Luis Armando	MSG-17	60	Gómez-Valdés José*	SE13-4	155
García Palacios Miguel Ángel	SE19-3	176	Gómez-Valdés José	SE13-5	156
García Palacios Miguel Ángel	SE19-6	177	Gómez Vasconcelos Martha Gabriela	RN-25 CARTEL	88
García Paula	OCE-45 CARTEL	78	Gómez-Vasconcelos Martha Gabriela	VUL-7	106
García Pimentel Alejandra Guadalupe*	GEOPAL-5	49	Gómez Vasconcelos Martha Gabriela*	VUL-8	106
García Reyes Ángel Manuel	CCA-22	11	Gómez-Vasconcelos Martha Gabriela	VUL-9	107
García Reynoso Agustín	SE16-7	166	Gómez Vasconcelos Martha Gabriela	VUL-10	107
García-Reynoso Agustín	SE16-9	167	Gómez Vasconcelos Martha Gabriela	VUL-20 CARTEL	109
García Reynoso Agustín	SE16-12 CARTEL	167	Gómez Vasconcelos Martha Gabriela	SE04-10 CARTEL	127
García Reynoso José Agustín	SE16-5	166	Gómez Vasconcelos Martha Gabriela	SE08-1	139
García Reynoso José Agustín	SE18-8	173	Gómez-Vázquez Ángel	VUL-3	105
García Reynoso José Agustín*	SE20-2	179	Gómez Vázquez Ángel	SE20-5	180
García Reynoso José Agustín	SE20-4	179	Gómez Víctor Manuel*	SE06-9 CARTEL	134
García Reynoso José Agustín	SE20-13 CARTEL	182	González Esparza Juan Américo	GEOPAL-10	50
García Romero Felipe de Jesús*	OCE-17	72	González Abad Gonzalo*	SE16-1	165
García Ruiz Rafael	GEOPAL-1	48	González Abad Gonzalo*	SE16-13 CARTEL	167
García Ruiz Rafael	GEOPAL-2	48	González Adriana	OCE-16	72
García Ruiz Rafael	GEOPAL-5	49	González Adriana	SIS-3	92
García-Ruiz Rafael	GEOPAL-7	49	González Álvarez Moisés Daniel	EG-6	21
García Ruiz Rafael	GEOPAL-8	49	González-Álvarez Moisés Daniel*	GET-8 CARTEL	41
García-Sandoval Cristian Alexis*	SE20-8	180	González Ávila Daniel	SIS-11	94
García Serrano Alejandro	EG-2	20	González Ávila Daniel*	SIS-42 CARTEL	100
García Serrano Alejandro	MSG-12	59	González Ávila Daniel	SE19-2	176
García Serrano Alejandro*	SE02-6	114	González Avilés José Juan*	FE-8	28
García Serrano Alejandro	SE02-7	114	González-Becuar Elizard*	SE06-4	133
García T. Felipe	VUL-14	108	González Cabrera Adriana Elizabeth	SE19-3	176
García-Tenorio Felipe	VUL-15	108	González Cabrera Adriana Elizabeth	SE19-4	176
García-Valdecasas Ojeda Matilde	SE17-9	170	González Cabrera Adriana Elizabeth*	SE19-7	177
Garduño León Yoatzin Itahi*	SE03-13 CARTEL	121	González Cabrera Adriana Elizabeth	SE19-8	177
Garduño Monroy Víctor Hugo	SE07-3	136	González-Cabrera Adriana Elizabeth	SE19-9 CARTEL	177
Garnica Ibarra Lucía Guadalupe*	GGA-1	45	González Camarillo Astrid Valeria	GP-6 CARTEL	39
Garza Rocha Daniel	EG-10	22	González Cervantes Norma	GGA-2	45
Garza Salazar Adolfo*	FE-4	27	González-Cervantes Norma*	RN-5	84
Gasca Ortiz Tzitali	SE01-1	111	González-Cervantes Norma	RN-6	84
Gasca Ortiz Tzitali	SE01-6	112	González Colorado Ingrid Alejandra*	OCE-12	71
Gasca Ortiz Tzitali*	SE01-8	112	González Daniel	SIS-3	92
Gasca Ortiz Tzitali*	SE01-9 CARTEL	112	González Escobar Mario	EG-6	21
Gática Acevedo Víctor	FE-12	29	González Escobar Mario	EG-16 CARTEL	23
Gattuso Alessandro	SIS-13	94	González Escobar Mario	EG-17 CARTEL	23
Gattuso Alessandro	VUL-2	105	González-Escobar Mario	GET-8 CARTEL	41
Gay y García Carlos*	CCA-1	7	González Esparza Américo	FE-19	30
Gay y García Carlos*	CCA-51 CARTEL	16	González Esparza J. Américo	FE-12	29
Gay y García Carlos*	CCA-61 CARTEL	19	González Esparza J. Américo*	FE-13	29
Geris Josie	SE18-5	172	González-Esparza Juan Américo	FE-1	27
Gill Moisa Carlos Manuel*	SE06-10 CARTEL	134	González-Esparza Juan Américo	FE-9	28
Gill Thomas E.	SE04-6	126	González Esparza Juan Américo	FE-17	30
Giuliani Graziano	SE17-9	170	González-Fernández Antonio	GET-4	40
Glowacka Ewa	GEOD-1	31	González García Andrea*	SE10-7	147
Glowacka Ewa*	SIS-36 CARTEL	99	González García Cuahutémoc Rafael	CCA-60 CARTEL	18
Godínez-Domínguez Enrique	OCC-16	67	González Gonzalo	SE16-3	165
Godínez Víctor Manuel	SE12-4	153	González Graciela*	CCA-33	13
Gogichaishvili Avto	GEOPAL-1	48	González Guadarrama María de Jesús	GGA-6 CARTEL	46
Gogichaishvili Avto	GEOPAL-2	48	González Guevara José Luis	EG-13	22
Gogichaishvili Avto	GEOPAL-4	48	González Guevara José Luis	FE-2	27
Gogichaishvili Avto	GEOPAL-5	49	González Guzmán René*	GEOQP-6	52
Gogichaishvili Avto	GEOPAL-6	49	González-Guzmán René	GEOQP-15 CARTEL	54
Gogichaishvili Avto	GEOPAL-7	49	González Guzmán René	SE14-11	159
Gogichaishvili Avto	GEOPAL-8	49	González Hernández Galia	AR-8	2
Gogichaishvili Avto	SED-3	90	González Hernández Galia*	AR-13 CARTEL	3
Gómez Arango Johana Andrea*	GEOQP-11	53	González Hernández Galia	CCA-46	16
Gómez-Arango Johana Andrea*	VUL-7	106	González Hernández Julio César	EG-13	22
Gómez Arias Efraín	CCA-17	10	González Hernández Sandra	SE20-2	179
Gómez Arias Efraín	MSG-2	57	González Hernández Sandra	SE20-13 CARTEL	182
Gómez Arias Efraín	SE09-2	143	González Hernández Sandra Karina*	SE20-17 CARTEL	183
Gómez Arredondo Carmen Maricela	SIS-15	95	González Huerta Magdalena Isabel	RN-10	85
Gómez Ávila Marianggy*	SE09-2	143	González Huizar Héctor*	SIS-1	92
Gómez Ávila Marianggy Del Carmen	CS-9 CARTEL	6	González Huizar Héctor	SIS-50 CARTEL	102
Gómez Carlos	SE22-4	188	González Huizar Héctor	SIS-51 CARTEL	102
Gómez-Díaz René	CCA-62 CARTEL	19	González Josué Gabriel	SIS-5	93

González Josué Gabriel*	SIS-6	93	Gutiérrez Peña Quiriat Jearim	CS-3	4
González-León Carlos M.*	SE06-2	132	Gutiérrez Peña Quiriat Jearim	EG-7	21
González-León Carlos Manuel	SE06-4	133	Gutiérrez Peña Quiriat Jearim	SIS-44 CARTEL	101
González Liano Marbella I.	CCA-48 CARTEL	16	Gutiérrez Quijada Sergio Valente	SE19-3	176
González López Adriana	SIS-42 CARTEL	100	Gutiérrez Quijada Sergio Valente	SE19-6	177
González López Lucía Adriana*	SE03-20 CARTEL	123	Gutiérrez Ricardo A.	OCE-13	71
González Mario	VUL-15	108	Gutiérrez Ricardo A.	OCE-14	72
González Méndez L. Xavier	FE-12	29	Gutiérrez Ricardo Aarón	OCE-15	72
González Méndez Luis Xavier	FE-4	27	Gutiérrez Ricardo Aarón	OCE-51 CARTEL	79
González-Mendez Xavier	FE-13	29	Gutiérrez Rodrigo*	SE02-13	116
González Mireya	SE08-5	140	Gutiérrez-Zalapa Raúl*	FE-1	27
González Morán Tomás	RN-17 CARTEL	87	Gutiérrez-Zalapa Raúl	FE-10	28
González Ortega Alejandro	GEOD-1	31	Gutiérrez-Zalapa Raúl	FE-15	29
González Ortega Alejandro	SIS-36 CARTEL	99	Guzmán Torres Laura Erika	SE16-2	165
González Ortega Alejandro	SIS-37 CARTEL	99	Guzmán Torres Laura Erika	SE16-14 CARTEL	168
González-Ortega Javier Alejandro	SE20-8	180	Gwineth Benjamin	SE05-3	128
González Ortigoza Sergio	GEOH-2	32	Hakspiel Cristian*	OCE-51 CARTEL	79
González Partida Eduardo	GEOQP-5	52	Hannigan James	SE16-3	165
González Rangel José Antonio	SE10-2	146	Harrison Sandy	SE05-6	129
González Rangel José Antonio*	SE10-8	147	Hasegawa Sunao	SE03-7	120
González Rangel José Antonio	SE10-11	148	Hasimoto Beltrán Rogelio	SE14-17 CARTEL	160
González Rangel José Antonio	SE10-12	148	Hayes Josh	VUL-5	106
González Renata	SIS-34	99	Hayes Josh	SE20-16 CARTEL	183
González Rivero Rosa Amalia*	CCA-44	15	Helenes Escamilla Javier	CCA-17	10
González Sandra	SE20-1	179	Heredia Barbero Alejandro	SE03-23 CARTEL	124
González del Castillo Eugenia	SE02-10	115	Herguera García Juan Carlos	OCE-50 CARTEL	79
González del Castillo Eugenia	SE14-9	159	Herguera Juan Carlos	OCE-21	73
González del Castillo Eugenia	SE16-9	167	Herguera Juan Carlos	VUL-18	109
González del Castillo Eugenia	SE16-15 CARTEL	168	Hernández Aburto Yasmín	EG-27 CARTEL	25
González del Castillo Eugenia	SE18-8	173	Hernández-Ayón J. Martín	OCE-13	71
González del Castillo Eugenia	SE18-11 CARTEL	174	Hernández Ayón J. Martín	OCE-14	72
González del Castillo Ma. Eugenia	SE18-3	171	Hernández Ayón José Martín	OCC-4	64
Goque Cruz Regina	GGA-5 CARTEL	46	Hernández Bello María Guadalupe*	SE02-17	116
Gradilla Martínez Luis Carlos*	SE02-21 CARTEL	117	Hernández Bravo Jhoana Paola*	CS-2	4
Granados Chavarria Iván*	SIS-13	94	Hernández Buendía Arturo	SE11-14 CARTEL	152
Granados Chavarria Iván*	VUL-2	105	Hernández Cardona Arnaldo	SE10-2	146
Granados Chavarria Iván	VUL-13	107	Hernández Cardona Arnaldo	SE10-4	146
Granados Chavarria Iván	SE07-8	137	Hernández Cardona Arnaldo	SE10-5	147
Granados Iván	MSG-11	59	Hernández Cardona Arnaldo*	SE10-6	147
Granados Martínez Karol Paulina*	SE15-2	163	Hernández Cardona Arnaldo	SE10-11	148
Granados Martínez Karol Paulina	SE18-15 CARTEL	175	Hernández Cervantes Maricarmen	SE19-3	176
Grupo de Trabajo Centro Nacional de Prevención de Desastres	SE08-7	140	Hernández Cervantes Maricarmen	SE19-4	176
Grupo de Trabajo Servicio Sismológico Nacional	SIS-42 CARTEL	100	Hernández Cervantes Maricarmen	SE19-9 CARTEL	177
Grupo de Trabajo Servicio Sismológico Nacional	SE08-7	140	Hernández Cervantes Maricarmen	CCA-50 CARTEL	16
Grupo de Trabajo del SSN	SE19-2	176	Hernández Enriquez Jazive*	AR-2	1
Gutter Michel	SE16-2	165	Hernández Espinosa Armando	GEOH-2	32
Gutter Michel	SE16-3	165	Hernández Espriú Antonio	SE02-12	115
Gutter Michel	SE16-4	165	Hernández Espriú José Antonio	GEOH-19	36
Gutter Michel	SE16-7	166	Hernández García Guillermo	SE14-4	157
Gutter Michel*	SE16-9	167	Hernández García Guillermo	MSG-7	58
Gutter Michel	SE16-11 CARTEL	167	Hernández García Guillermo de Jesús	MSG-23	61
Gutter Michel	SE16-12 CARTEL	167	Hernández García Guillermo de Jesús*	RN-18 CARTEL	87
Gutter Michel	SE16-14 CARTEL	168	Hernández García Marcos	EG-13	22
Gutter Michel	SE16-18 CARTEL	173	Hernández García Yazmin Guadalupe	SE18-7	173
Gutter Michel*	SE18-11 CARTEL	174	Hernández Gómez Jorge Javier	SE14-10	159
Gutter de la Mora Michel	SE16-6	166	Hernández Gómez Jorge Javier	SE14-18 CARTEL	161
Gutter de la Mora Michel	SE16-15 CARTEL	168	Hernández Gómez Jorge Javier	SE14-20 CARTEL	161
Guerra Roel Rafael	GET-7	41	Hernández Gómez Jorge Javier	SE15-3	163
Guerra Valdez Perla Michelle	GGA-9 CARTEL	46	Hernández Gutiérrez Luis Alejandro	SE16-15 CARTEL	168
Guerrero-Galván Saúl Rogelio	OCC-15	67	Hernández Hernández Aurora	RN-13	86
Guerrero Guerra César	CCA-10	9	Hernández Hernández Mario Alberto	GEOH-19	36
Guerrero Martínez Fernando Javier*	MSG-17	60	Hernández Hernández Mario Alberto	GEOH-23 CARTEL	37
Guerrero-Martínez Lilia	RN-5	84	Hernández Hernández Mario Alberto	RN-18 CARTEL	87
Guerrero Moreno Lorena	OCE-26	74	Hernández Hernández Mario Alberto	RN-22 CARTEL	88
Guerrero Peña Carlos Alberto	FE-11	29	Hernández Hernández Mario Alberto	SE14-4	157
Guerrero Prado Benjamín Bogdan	AR-7	2	Hernández Hernández Víctor Alfonso	MSG-31 CARTEL	63
Guevara Aguilar Ana Karen	SE14-1	157	Hernández Marín Martín*	GGA-2	45
Guevara-Betancourt Randall E.	EG-3	20	Hernández Marín Martín	GGA-7 CARTEL	46
Guevara Betancourt Randall Eduardo	EG-5	21	Hernández-Marín Martín	RN-5	84
Guevara-Mansilla Oscar	GEOH-9	34	Hernández-Marín Martín	RN-6	84
Guevara Mario	CS-2	4	Hernández-Marmolejo Yoalli*	SE02-2	113
Guevara Santamaría Mario Antonio	CCA-30	13	Hernández Mena Leonel	SE01-7	112
Guillén Arandía Germán*	GEOPAL-8	49	Hernández Mena Leonel	SE16-8	166
Guillermo Montiel Juan Carlos*	CCA-35	14	Hernández-Ocaña Isabel	PALEO-4 CARTEL	81
Guizar-Jardon José de Jesús	GET-15 CARTEL	43	Hernández Olivares Aldo Omar*	OCC-12	66
Gula Jonathan	OCE-29	75	Hernández Olivares Aldo Omar*	OCE-33	76
Gutiérrez-Alejandro Alejandra G.	PALEO-4 CARTEL	81	Hernández Olivares Aldo Omar*	OCE-34	76
Gutiérrez Axel	SED-2	90	Hernández Ordoñez Rodrigo*	EG-9	22
Gutiérrez Esquivel Akari Yessenia*	SE03-14 CARTEL	122	Hernández Ordoñez Rodrigo*	GP-4	38
Gutiérrez González Nelly Grethel*	OCE-27	74	Hernández Ordoñez Rodrigo*	GP-7 CARTEL	39
Gutiérrez Jurado Hugo*	SE02-18	117	Hernández Ordoñez Rodrigo*	SE12-6	154
Gutiérrez Jurado Hugo*	SE18-9	173	Hernández Ocoy Ariadna	RN-23 CARTEL	88
Gutiérrez-Moreno Diana Carolina	OCE-44	78	Hernández Ocoy Ariadna	RN-24 CARTEL	88
Gutiérrez Navarro Rodrigo	SED-1	90	Hernández Paniagua Iván Yassmany	SE16-5	166
			Hernández-Parra Raquel Elisa	CCA-57 CARTEL	18

Hernández-Parra Raquel Elisa*	CCA-62 CARTEL	19	Jiménez Barrera Angely Carolina	RN-10	85
Hernández Paz Juan Francisco	SE09-2	143	Jiménez Delgado Gerardo	AR-2	1
Hernández-Pérez Eliseo*	GEOH-5	33	Jiménez Escalona José Carlos*	CCA-60 CARTEL	18
Hernández-Pérez Eliseo*	GEOH-11	34	Jiménez Escalona José Carlos*	SE20-15 CARTEL	182
Hernández Quevedo Gabriela	GEOQP-19 CARTEL	55	Jiménez González Rocío Berenice*	AR-5	2
Hernández-Quintero Esteban	SE19-9 CARTEL	177	Jiménez González Rocío Berenice	AR-14 CARTEL	3
Hernández Ramírez Montserrat	GEOQP-18 CARTEL	55	Jiménez Haro Adrián	EG-14	22
Hernández Ramírez Montserrat*	GEOQP-20 CARTEL	55	Jiménez López Luis Ángel	GEOQP-21 CARTEL	56
Hernández-Sánchez Sergio de Jesús	OCC-21 CARTEL	68	Jiménez López Luis Ángel*	RN-21 CARTEL	87
Hernández Serrano Naomi Guadalupe	VUL-16	108	Jiménez López Luis Ángel	SE04-10 CARTEL	127
Hernández-Vergara Rogelio	EG-31 CARTEL	26	Jiménez Martínez Luis Ángel*	SE11-5	150
Hernández Villaseñor Sergio Zirath	SE16-2	165	Jiménez Méndez Karina*	OCE-7	70
Hernández Villaseñor Sergio Zirath	SE16-14 CARTEL	168	Jiménez Méndez Karina	OCE-25	74
Herrera-León William Herbe	RN-6	84	Joaquín Antonio Diana Yazmín*	SE03-12 CARTEL	121
Herrera López Enrique Jaime	SE01-7	112	Joffrain Mathis	VUL-5	106
Herrera López Enrique Jaime	SE16-8	166	Joffrain Mathis	SE20-16 CARTEL	183
Herrera Revilla Ismael*	MSG-7	58	Jonah Olusegun F.	FE-19	30
Herrera Silveira Jorge	SE15-2	163	Jones Matthew D.	SE05-12 CARTEL	130
Herrera Silveira Jorge Alfredo	OCE-18	73	Jouanno Julien	OCE-7	70
Herrera Vázquez Carlos Francisco	OCC-13	66	Jouanno Julien	OCE-9	70
Herrera Zamarrón Graciela	GEOH-19	36	Joye Samantha B.	GET-14 CARTEL	43
Herrera Zamarrón Graciela	RN-22 CARTEL	88	Joye Samantha B.*	SE22-2	188
Herrera Zamarrón Graciela	SE14-4	157	Juárez Abigail	SE14-5	158
Herrera Zamarrón Graciela del Socorro	MSG-7	58	Juárez Araiza Braulio	OCC-3	64
Herrera Zamarrón Graciela del Socorro	MSG-23	61	Juárez Araiza Braulio	OCC-4	64
Herzka Sharon	OCE-13	71	Juárez Braulio*	OCC-1	64
Herzka Sharon	OCE-14	72	Juárez Braulio	OCC-11	66
Herzka Sharon	OCE-15	72	Juárez Braulio	SE13-7	156
Hidalgo-Aranda Alan*	SE03-16 CARTEL	122	Juárez Faustino*	SE03-10	121
Hidalgo Santacruz Dominic Alejandro	SE07-2	136	Juárez Pérez Carolina	SE20-15 CARTEL	182
Higuera Parra Susana	SE17-1	169	Juárez René*	CS-5	5
Hildago Rodríguez Gema	SE15-2	163	Judd Laura	SE16-2	165
Hinojo Hinojo César	SE18-3	171	Judd Laura	SE16-14 CARTEL	168
Hinojosa Alejandro	SE02-21 CARTEL	117	Karima Seghir	SE11-4	150
Holwerda Friso	SE18-3	171	Kasper-Zubillaga Juan José	SE05-10	130
Holwerda Friso	SE18-5	172	Kazachkina Ekaterina	SIS-30	98
Huante Arana Francisco	MSG-10	59	Kazachkina Ekaterina	SIS-34	99
Huerta Avila Héctor	EG-30 CARTEL	26	Kheirdast Navid	SIS-9	93
Huerta Vergara Alma Rosa*	SE02-12	115	Köhler Jonas	SIS-57 CARTEL	103
Huesca Pérez Eduardo	SIS-30	98	Köhler Monica	SE22-4	188
Huipé Elizandro	MSG-19	61	Kosnyreva Maria	GET-5	41
Hussain Yawar	MSG-14	59	Kostoglodov Vladimir	SIS-30	98
IPN), Gentil Mathieu	OCE-8	70	Kostoglodov Vladimir	SIS-34	99
Ibarra Ortega Héctor Enrique	GEOPAL-3	48	Kostoglodov Vladimir	SIS-59 CARTEL	104
Ibarra Ortega Héctor Enrique	GEOPAL-9	50	Kravchinsky Vadim	GEOPAL-5	49
Ibarra Ortega Héctor Enrique	SE14-11	159	Kravchinsky Vadim	GEOPAL-7	49
Ibarra Rodríguez Paola Yizzel	FE-11	29	Kretschmar Thomas	CCA-53 CARTEL	17
Iglesias Arturo*	SIS-3	92	Kretschmar Thomas	GEOH-13	34
Iglesias Arturo	SIS-12	94	Krieger Peter	SE13-8	156
Iglesias Arturo	SIS-18	95	Krüger Frank	SIS-19	96
Iglesias Arturo	SIS-43 CARTEL	101	Kshirsagar Pooja	CS-1	4
Iglesias Arturo	SE08-8	141	Kurczyn Robledo Jorge Alejandro	OCE-18	73
Iglesias Mendoza Arturo	SIS-11	94	Lacan Pierre	RN-8	85
Iglesias Mendoza Arturo	SIS-30	98	Lacan Pierre	RN-12	85
Iglesias Mendoza Arturo	VUL-13	107	Ladino Moreno Luis	SE02-10	115
Iglesias Mendoza Arturo	SE07-3	136	Ladino Moreno Luis Antonio	CCA-27	12
Iglesias Mendoza Arturo	SE08-7	140	Laguna Rangel Carolina*	SE16-7	166
Imberger Marc	SE12-1	153	Lamas Cosio Elizabeth	SE14-7	158
Inguaggiato Claudio	VUL-1	105	Lambert Jean-François	SE03-7	120
Inguaggiato Claudio	VUL-19 CARTEL	109	Landa Arreguin Jorge Federico	GEOH-22 CARTEL	36
Inguaggiato Salvatore*	VUL-1	105	Langford Richard P.	SE04-6	126
Israde Alcántara Isabel	EG-14	22	Lara Jorge Iván	SE08-11	141
Israde-Alcántara Isabel*	SED-3	90	Lau González Ricardo*	GEOD-2	31
Israde Alcántara Isabel	SED-6 CARTEL	91	Laurent Olivier	SE18-8	173
Ito Yoshihiro	SIS-33	98	Lauvaux Thomas	SE16-9	167
Ito Yoshihiro	SIS-34	99	Lavaniegos Espejo Bertha Eugenia	CCA-17	10
Iturbe Domínguez Carolina	RN-2	83	Lawton Timothy F.	SE06-2	132
Ivanenko Alexander	GET-5	41	Lázaro Arceo	GET-8 CARTEL	41
Izaguirre Pompa Aldo	GGA-9 CARTEL	46	Lázaro Bosques Brenda Berenice*	SIS-45 CARTEL	101
Izaguirre Pompa Aldo*	GEOQP-18 CARTEL	55	Lázaro Larios Arceo Ernesto*	EG-6	21
Izaguirre Pompa Aldo	GEOQP-20 CARTEL	55	Le Brun Lorenza	SE05-10	130
Izaguirre Prado Omar Efraín	EG-8	21	Le Corre Mathieu	OCE-29	75
Izaguirre Prado Omar Efraín	EG-21 CARTEL	24	Le Huong	SE18-10	174
Izaguirre Prado Omar Efraín*	MSG-30 CARTEL	63	Lee Sánchez Erika*	OCE-44	78
Jlménez González R. Berenice	AR-7	2	Legrand Denis	SIS-30	98
Jácome Paz Mariana Patricia	RN-20 CARTEL	87	Leng Melanie J.	SE05-12 CARTEL	130
Jacox Michael	SE17-7	170	León Cruz José Francisco	CCA-26	12
James Salmerón Diana Laura	RN-11	85	León Cruz José Francisco	CCA-54 CARTEL	17
Jamet Ardiles Ivan Alfonso*	OCC-14	66	León-Loya Rodrigo	SIS-27	97
Jaramillo Flores Andrea*	EG-29 CARTEL	25	León Loya Rodrigo Alejandro*	SIS-8	93
Jaramillo-Rivera Aristóteles H.	SIS-33	98	León Sánchez Adrián Misael	EG-1	20
Jazcilevich Diamant Aron	SE16-5	166	León Soto Gerardo	SIS-20	96
Jenchen Uwe	SED-5 CARTEL	91	Lerin Morales Karen Melissa*	SE03-24 CARTEL	124
Jenkins Susanna	VUL-5	106	Lerin Morales Karen Melissa	SE03-25 CARTEL	124
Jenkins Susanna	SE20-16 CARTEL	183	Lerner Geoffrey*	VUL-5	106

Lerner Geoffrey*	SE10-9	147	Macías José Luis	SE08-2	139
Lerner Geoffrey*	SE20-16 CARTEL	183	Macías José Luis	SE08-5	140
Lerner Geoffrey A.	SE20-11	181	Macías José Luis	SE08-11	141
Lerner Geoffrey A.	SE20-20 CARTEL	184	Macías José Luis	SE20-12	182
Lerner Geoffrey A.	SE20-21 CARTEL	184	Macías Peña Ari*	EG-30 CARTEL	26
Levchenko Oleg	GET-5	41	Macías Vázquez José Luis	RN-7	84
Levresse Gilles	GEOH-11	34	Macías Vázquez José Luis	SIS-30	98
Levresse Gilles	SE06-7	133	Macías Vázquez José Luis	VUL-14	108
Levresse Gilles	SE06-10 CARTEL	134	Macías Vázquez José Luis	SE08-1	139
Lezana Duran Fernando	SE12-5	154	Maciel Flores Roberto	GGA-1	45
Li Wei	SIS-57 CARTEL	103	Maciel Rivera Addi Emanuel	VUL-10	107
Li Yanmei	CS-1	4	Madhavaraju Jayagopal	SE06-2	132
Limón Covarrubias Pedro	CCA-42	15	Madrigal José Manuel	SE14-5	158
Linacre Lorena	OCE-14	72	Madueño Moreno Myrbeth Guadalupe*	SE18-14 CARTEL	174
Linacre Lorena	OCE-16	72	Magaldi Hermosillo Adolfo Vicente	SE20-22 CARTEL	184
Linacre Lorena P.	OCE-13	71	Magaña Rueda Víctor Orlando	RN-15	86
Linacre-Rojas Lorena P.	OCE-15	72	Magaña Rueda Víctor Orlando	RN-16	86
Liñán Abanto Rafael*	CCA-7	8	Magaña Torres Elizabeth*	MSG-2	57
Liñán Abanto Rosa María	CCA-7	8	Magaña Víctor*	CCA-12	9
Linares Eduardo	SE09-10	145	Magaña Víctor	CCA-32	13
Linares Pérez Juan Eduardo*	SE09-6	144	Magaña Víctor	CCA-33	13
Lira-Beltrán Marcela	SE20-20 CARTEL	184	Magaña Víctor	CCA-56 CARTEL	17
Lira-Beltrán R. Marcela	VUL-5	106	Magar Vanesa	OCE-37	77
Lira-Beltrán R. Marcela*	SE20-11	181	Magar Vanesa*	SE12-1	153
Lira-Beltrán R. Marcela	SE20-16 CARTEL	183	Magar Vanesa	SE12-4	153
Lira-Beltrán R. Marcela*	SE20-21 CARTEL	184	Magnoni Federica	SIS-13	94
Liu Xiong	SE16-1	165	Magnoni Federica	VUL-2	105
Liu Xiong	SE16-13 CARTEL	167	Mahieddine Farah	SE03-7	120
Livas Margarita Aurora	PALEO-4 CARTEL	81	Maldonado Rafael Félix	SIS-22	96
Llanos Solís Aurora Guadalupe*	SE11-8	151	Maldonado Roberto	GEOQP-3	51
Locke Sharon	SE02-18	117	Malviya Vivek P.	GEOQP-2	51
Lopera Gasca Ana Cecilia	SE02-17	116	Mamani Sánchez Jackeline María*	MSG-14	59
López-Alfaro Fabio Arturo	CCA-61 CARTEL	19	Mandujano-García Cruz Daniel	RN-4	84
López Anton Omar	SE02-10	115	Manea Marina	MSG-13	59
López Anton Omar	SE14-9	159	Manea Marina*	SE02-20	117
López Anton Omar A.*	SE14-21 CARTEL	161	Manea Vlad	SE09-6	144
López Anton Omar A.	SE18-8	173	Manea Vlad Constantin*	MSG-13	59
López Delgado Verónica*	AR-14 CARTEL	3	Manea Vlad Constantin	MSG-24	61
López Doncel Rubén Alfonso	GET-13 CARTEL	43	Manuel German Alexis*	SE10-5	147
López Doncel Rubén Alfonso	GGA-8 CARTEL	46	Manuel Viveros German	SE10-6	147
López Erika	CCA-15	9	Maravilla Meza María Dolores*	SE03-8	121
López Espinoza Erika Danaé	CCA-25	12	Marchetti Alessandro	SIS-13	94
López Espinoza Erika Danaé*	SE13-8	156	Marchetti Alessandro	VUL-2	105
López González José*	SE14-6	158	Marín-Celestino Ana Elizabeth	GEOH-5	33
López González José	SE14-14 CARTEL	160	Marín Celestino Ana Elizabeth	GEOH-20	36
López-Islas Anayelly	SE03-19 CARTEL	123	Marín Rodríguez Meztli Yoalli*	SE14-12	159
López López Ricardo	CS-6 CARTEL	5	Mariño-Tapia Ismael	OCC-7	65
López Manuel	OCE-37	77	Mariño Tapia Ismael de Jesús	SE11-11	151
López Mariscal Manuel	OCE-41	77	Marinova Elena	SE05-6	129
López Mejía Javier	AR-2	1	Mariotti Mauro*	SE21-4	185
López-Méndez Daniela	SE05-1	128	Maroun-González Nagibe	SE19-9 CARTEL	177
López Ortiz Jesualdo Yair*	SIS-20	96	Márquez-Ramírez Víctor	SE08-8	141
López Reyna Annie*	GET-12 CARTEL	42	Márquez Ramírez Víctor Hugo	SIS-54 CARTEL	103
López Sánchez Giuliana Estephania*	SE06-11 CARTEL	134	Márquez Ramírez Víctor Hugo	SE08-7	140
López Saucedo Felipe de Jesús	GET-6	41	Martens Uwe C.	SED-2	90
López Silva Axel Enrique	EG-25 CARTEL	24	Martín del Pozzo Ana Lillian*	SE20-1	179
López-Sugahara Oscar Isao*	SIS-4	92	Martín del Pozzo Ana Lillian	SE20-2	179
López Torres José Armando	MSG-3	57	Martín del Pozzo Ana Lillian	SE20-13 CARTEL	182
López Urías Charbeth	FE-16	29	Martín del Pozzo Ana Lillian	SE20-17 CARTEL	183
López Urías Charbeth	FE-18	30	Martínez Alicia	SE20-1	179
López Valdes Néstor	RN-7	84	Martínez-Alonso Sara	SE16-3	165
López Vicuña Daniel	SE16-2	165	Martínez Arroyo María Amparo	CCA-6	8
López Vicuña Daniel	SE16-14 CARTEL	168	Martínez Arroyo María Amparo	CCA-48 CARTEL	16
Loredo Portales René	GEOH-6	33	Martínez Campuzano Uriel Alberto*	SE07-5	137
Louise Franklin Gemma	OCC-8	65	Martínez Castro María Luisa	EG-18 CARTEL	23
Loza-Vega Alain Sebastián	CS-4	4	Martínez Ceseña Juan José*	SIS-50 CARTEL	102
Lozano-García María del Socorro*	SE05-4	129	Martínez Ceseña Juan José	SIS-54 CARTEL	103
Lozano García María del Socorro	SE05-9	130	Martínez Cruz Diego Armando	GEOH-20	36
Lozano García Socorro	SE05-1	128	Martínez Dyrzo Haydar*	SE05-12 CARTEL	130
Lozano Socorro	SE05-2	128	Martínez Dyrzo Haydar B.*	SE05-3	128
Luna Cruz Cynthia Guadalupe*	SIS-46 CARTEL	101	Martínez Gómez Jesús Daniel*	SE02-1	113
Luna-Villavicencio Hugo	RN-6	84	Martínez Hernández Dafne	CS-8 CARTEL	6
Lupi Matteo	SIS-13	94	Martínez Hernández Esperanza	SE11-14 CARTEL	152
Lupi Matteo	VUL-2	105	Martínez-Jaramillo Daniel	RN-12	85
Luque Apodaca Heira Luz*	SE18-12 CARTEL	174	Martínez Jaramillo Daniel	SE20-7	180
Luyando-López Elda	CCA-13	9	Martínez López Benjamín	CCA-10	9
Luyando-López Elda*	CCA-16	10	Martínez López Benjamín	CCA-35	14
Macías Fernanda	SE16-4	165	Martínez López Benjamín*	CCA-37	14
Macías José Luis	GET-10 CARTEL	42	Martínez López Benjamín	SE17-1	169
Macías José Luis	GEOQP-10	53	Martínez-López Yusheft Alberto	GP-5 CARTEL	39
Macías José Luis	VUL-6	106	Martínez Martínez Karla Dayanne	SE14-3	157
Macías José Luis	VUL-7	106	Martínez Mirón Yleana Claudia	EG-13	22
Macías José Luis	VUL-12	107	Martínez Moreno Francisco José	GGA-3	45
Macías José Luis*	VUL-15	108	Martínez Myriam*	EG-3	20
Macías José Luis	VUL-23 CARTEL	110	Martínez Nicolás Alma*	MSG-28	62

Martínez Pabello Pavel Uliánov	SE03-3	119	Mendoza Palacios Juan de Dios	GEOH-19	36
Martínez Reyna María de Jesús*	CCA-55 CARTEL	17	Mendoza Palacios Juan de Dios	SE14-4	157
Martínez Salazar Daysi Aleida*	FE-11	29	Mendoza Ponce Avith del Refugio	SE02-23 CARTEL	118
Martínez Serrano Raymundo G.	GEOQP-1	51	Meneses Ponce Cecilia	SIS-51 CARTEL	102
Martínez Torres Erik Emmanuel*	GEOQP-5	52	Metcalfe Sarah E.	SE05-12 CARTEL	130
Martínez Uriel A.	SIS-43 CARTEL	101	Meza Figueroa Diana	CCA-48 CARTEL	16
Martínez Valades Yeslia Juliana	MSG-30 CARTEL	63	Michel Grutter	SE16-10 CARTEL	167
Martínez Valdivia Frida Dali*	RN-23 CARTEL	88	Mier Urbina Sergio*	FE-5	28
Martínez-Yrizar Diana*	AR-9 CARTEL	2	Miggins Daniel	VUL-14	108
Martínez Yrizar Diana	AR-10 CARTEL	3	Miggins Daniel	VUL-15	108
Martini Michelangelo	SED-1	90	Millán Eduardo*	OCE-48 CARTEL	79
Martini Michelangelo*	SE05-11	130	Millán-Motolinía María del Carmen	GET-9 CARTEL	41
Masera Omar	SE12-7	154	Millán-Motolinía María del Carmen*	GET-14 CARTEL	43
Mastache Román Edgar Agustín	EG-6	21	Millán-Motolinía María del Carmen	GET-15 CARTEL	43
Mastache Román Edgar Agustín	EG-17 CARTEL	23	Minaya Armando	MSG-14	59
Mastache Román Edgar Agustín	GET-8 CARTEL	41	Miquelajauregui Yosune	CCA-15	9
Mata João	SIS-19	96	Mirabal Gómez Uriel*	OCE-16	72
Matias Luis	SIS-19	96	Miranda Alcántara Isaac*	CCA-26	12
Matías-Pérez Víctor	GP-8 CARTEL	39	Miranda-Avilés Raúl	CS-1	4
Mattos Villarroel Erick Dante	GGA-4	45	Miranda Bojorquez Luis Erasmo	SE13-5	156
Maurel Marie-Christine	SE03-7	120	Miranda Cano Hugo*	SE16-12 CARTEL	167
Mauritz-Touzer Marguerite	SE18-9	173	Miranda García Paulina*	SE07-9	137
Mazot Agnes	VUL-1	105	Miranda José	OCE-3	69
Mazot Agnes	VUL-19 CARTEL	109	Miranda Luis Erasmo	OCE-40	77
McClung de Tapia Emily*	AR-10 CARTEL	3	Miranda Luis Erasmo	SE13-4	155
McDonald Brian	SE16-2	165	Miranda Paulina	SIS-34	99
McDonald Brian	SE16-14 CARTEL	168	Miranda Paulina	SE07-10	138
McGurk Marshal	SE22-4	188	Mishra Sumit	GEOQP-2	51
Medellín Mayoral Gabriela	OCC-8	65	Mita Hajime	SE03-7	120
Medina Cabrera Arturo*	SE02-15	116	Mitre Andrea*	OCE-41	77
Medina-Gonzales Roger	SE05-3	128	Mitre Andrea*	SE13-1	155
Medina Morales Esmeralda Ruby*	SE20-13 CARTEL	182	Molina Garza Roberto Stanley	GET-7	41
Medina Ortega Priscila	GEOH-18	35	Molina Luisa	SE16-2	165
Medina Ortega Priscila	SE11-5	150	Molina Luisa	SE16-14 CARTEL	168
Medina Ortega Priscila	SE11-7	150	Molina Paola*	SE02-16	116
Medina-Ortega Priscila	SE11-9	151	Molina Sevilla Paola*	SE03-22 CARTEL	123
Medina-Ortega Priscila	SE11-10	151	Molino Minero Re Erik	EG-2	20
Mejía Ambríz Julio C.	FE-12	29	Molino Minero Re Erik	SIS-55 CARTEL	103
Mejía Ambríz Julio César	FE-3	27	Mondragón-Rodríguez Román Damián	CCA-51 CARTEL	16
Mejía-Ambríz Julio César*	FE-9	28	Monfil León Edwin Ulises*	SE08-12	142
Mejía Luna Isabel	SE14-12	159	Monfil León Edwin Ulises*	SE20-10	181
Mejía-Orozco Jaquelin	FE-10	28	Monreal Lara Eduardo*	SE05-5	129
Mejía-Orozco Jaquelin	FE-15	29	Monsiváis Huertero Alejandro	SE20-15 CARTEL	182
Mejía Pérez José Alfredo	EG-13	22	Monstein Christian	FE-7	28
Mejía Piña Karla Gabriela	CCA-17	10	Montano González Alberto*	CCA-39	14
Mejía Piña Karla Gabriela	OCE-39	77	Montecelos-Zamora Yalina	GEOH-13	34
Meléndez-López Adriana Leticia*	CS-4	4	Montejo Fernando	GEOPAL-7	49
Meléndez-López Adriana Leticia	CS-7 CARTEL	5	Monterde Daniela*	CCA-54 CARTEL	17
Meléndez-López Adriana Leticia	SE03-2	119	Monterde Gutiérrez Daniela Irais	CCA-55 CARTEL	17
Meléndez-López Adriana Leticia	SE03-4	120	Montero Donaji	SE05-2	128
Meléndez-López Adriana Leticia	SE03-17 CARTEL	122	Montero Martínez Guillermo*	CCA-28	12
Meléndez-López Adriana Leticia	SE03-18 CARTEL	123	Montero Martínez Guillermo	CCA-29	12
Melgarejo Angela	FE-12	29	Montero Martínez Martín José	CCA-47 CARTEL	16
Mena Hurtado Alberto	RN-24 CARTEL	88	Montero Martínez Martín José	CCA-48 CARTEL	16
Méndez-Astudillo Jorge	CCA-57 CARTEL	18	Montgomery Andrew	GET-14 CARTEL	43
Méndez Baldemar	CCA-12	9	Montiel Andrade Edgar	EG-18 CARTEL	23
Méndez Barroso Luis	SE15-2	163	Montoya Pérez Miguel Angel*	SE03-9	121
Méndez Barroso Luis A.	SE18-4	172	Monzón César Octavio	OCC-16	67
Méndez-Barroso Luis A.	SE18-12 CARTEL	174	Moore Andrew M.	OCE-11	71
Méndez Barroso Luis Arturo	SE14-2	157	Moore David Joseph	SE18-16 CARTEL	175
Méndez Barroso Luis Arturo	SE14-13 CARTEL	160	Mora Escalante Rodney E.	OCE-2	69
Méndez Barroso Luis Arturo	SE14-15 CARTEL	160	Moragas Natalia	AR-3	1
Méndez-Barroso Luis Arturo	SE14-19 CARTEL	161	Moraila Valenzuela Carlos	EG-18 CARTEL	23
Méndez-Barroso Luis Arturo*	SE18-15 CARTEL	175	Moraila Valenzuela Carlos	SIS-57 CARTEL	103
Méndez Delgado Sóstenes	EG-8	21	Morales Arredondo José Iván	GEOH-4	32
Méndez Delgado Sóstenes	EG-10	22	Morales Arredondo José Iván*	GEOH-22 CARTEL	36
Méndez Delgado Sóstenes	EG-21 CARTEL	24	Morales Casique Eric	GEOH-15	35
Méndez-Delgado Sóstenes	GEOQP-16 CARTEL	54	Morales Casique Eric	GEOH-18	35
Méndez Delgado Sóstenes	MSG-4	57	Morales Casique Eric	GEOH-19	36
Méndez Delgado Sóstenes	MSG-30 CARTEL	63	Morales Casique Eric	MSG-9	58
Méndez Díaz Cristal*	CCA-17	10	Morales Casique Eric	SE11-6	150
Méndez Gaona Alejandro*	GGA-8 CARTEL	46	Morales-Casique Eric	SE11-9	151
Méndez Patiño Arturo	FE-5	28	Morales Casique Eric	SE11-11	151
Méndez-Pérez Irving Rafael	CCA-16	10	Morales Casique Eric	SE11-12	152
Méndez-Pérez Juan Matías	SE13-2	155	Morales Casique Eric	SE14-4	157
Mendoza Aguilar Brenda Yutziny*	CCA-52 CARTEL	17	Morales Contreras Juan	GEOPAL-1	48
Mendoza Carlos	SIS-32	98	Morales Contreras Juan Julio	GEOPAL-2	48
Mendoza Carvajal Antonio de Jesús	SE08-7	140	Morales Contreras Juan Julio	GEOPAL-8	49
Mendoza Castro Víctor Manuel	FE-2	27	Morales Juan	GEOPAL-4	48
Mendoza Cervantes Keren	EG-9	22	Morales Juan	GEOPAL-5	49
Mendoza Garcilazo Luis Humberto	SIS-38 CARTEL	100	Morales Juan	GEOPAL-6	49
Mendoza Garcilazo Luis Humberto	SIS-39 CARTEL	100	Morales Juan	GEOPAL-7	49
Mendoza Jorge	SE18-11 CARTEL	174	Morales Juan Julio	SED-3	90
Mendoza Luis	GP-2	38	Morales Pérez Alina	SE13-1	155
Mendoza Ortega Blanca	FE-14	29	Morán-Ramírez Janete	GEOH-5	33

Morán Ramírez Janete	GEOH-7	33	Obeso-Nieblas Maclovio*	OCC-18 CARTEL	67
Morán Ramírez Janete	GEOH-10	34	Ocampo-Díaz Yam Zul	GET-11 CARTEL	42
Morán Ramírez Janete	GEOH-12	34	Ocampo-Díaz Yam Zul	VUL-17	109
Morán Ramírez Janete	SE11-13	152	Ocampo-Díaz YamZul Ernesto	VUL-16	108
Moreles Vázquez Luis Efrain*	SE17-1	169	Ocampo Torres Francisco J.	OCE-2	69
Moreno Karen*	OCE-15	72	Ocampo Torres Francisco J.	SE14-17 CARTEL	160
Moreno Moreno Von Luis	SE13-7	156	Ocampo Torres Francisco Javier*	OCC-13	66
Moreno-Polo Karen	OCE-13	71	Ocañas Fernández Ezequiel	EG-25 CARTEL	24
Moreno Rojas Martín	SE08-8	141	Oceguera Vargas Ismael Alberto	SE14-7	158
Morett Alatorre Luis	AR-8	2	Ochoa Carlos	CCA-15	9
Morett Alatorre Luis	AR-13 CARTEL	3	Ochoa Carlos Abraham	CCA-20	11
Mortera Gutiérrez Carlos	GET-9 CARTEL	41	Ochoa Landín Lucas Hilario*	SE06-5	133
Mortera-Gutiérrez Carlos A.	GET-14 CARTEL	43	Ochoa Martínez Carolina A.	CCA-24	11
Mortera Gutiérrez Carlos Angel Q.*	GET-15 CARTEL	43	Ochoa Moya Carlos Abraham*	SE12-5	154
Moulin Aimie	OCE-10	71	Ochoa Rivero Jesús	SE18-9	173
Moya García Christian Uriel	GP-4	38	Ochoa Tinajero Luis*	EG-17 CARTEL	23
Munguía Cajigas Daniela	OCE-9	70	Ojeda Castillo Valeria	SE16-8	166
Munguía Daniela*	OCE-52 CARTEL	80	Ojeda Rogelio	SIS-40 CARTEL	100
Munguía Orozco Luis	EG-12	22	Ojeda Rogelio	SIS-41 CARTEL	100
Muñoz Esperanza	SE06-9 CARTEL	134	Olea Olea Selene	SE11-5	150
Muñoz-Torres Carolina	CS-1	4	Olea Olea Selene	SE11-6	150
Muñoz Villers Lysette E.	SE02-9	115	Olea Olea Selene	SE11-7	150
Muñoz Villers Lysette Elena*	SE18-5	172	Olea Olea Selene	SE11-8	151
Murcia Hugo	GEOQP-7	52	Olea-Olea Selene	SE11-9	151
Murrillo Tovar Mario Alfonso	SE16-8	166	Olea-Olea Selene	SE11-10	151
Nájera Espinosa Benjamín	SE14-12	159	Olea Olea Selene	SE11-11	151
Nava Bringas María Esther	SE08-8	141	Olea-Olea Selene*	SE11-12	152
Nava Flores Mauricio	MSG-21	61	Oliveros Cruz Javier Aldair	SE04-9 CARTEL	127
Nava Flores Mauricio*	MSG-22	61	Oliveira Elson P.	GEOQP-2	51
Nava Pichardo F. Alejandro	SIS-25	97	Olmos Olmos Luis	SE09-4	143
Navarro Andrés	SIS-41 CARTEL	100	Olmos Olmos Luis	SE09-7	144
Navarro Estrada Fernando	SE08-7	140	Olvera-Alvarado Abigail	SE14-10	159
Navarro Marco Antonio	GP-3	38	Olvera-Alvarado Abigail	SE14-18 CARTEL	161
Navarro Rodríguez Andrés*	SIS-38 CARTEL	100	Olvera-Alvarado Abigail	SE14-20 CARTEL	161
Navarro Sánchez Urenia	GEOQP-8	53	Olvera Cedillo José Ramón	GGA-6 CARTEL	46
Navarro de León Ignacio	GEOH-14	35	Olvera Prado Erick Raúl	SE17-1	169
Navarro de León Ignacio	RN-3	83	Olvera Rosiles Michel	GET-3	40
Nayak Karan	FE-16	29	Omaña Pulido Rosa María de Lourdes	PALEO-1 CARTEL	81
Nayak Karan*	FE-18	30	Ontivero González Guillermo	GGA-5 CARTEL	46
Negrete-Aranda Raquel	GET-4	40	Ordaz Mario	SIS-18	95
Negrete Aranda Raquel	VUL-18	109	Ordoñez Sánchez Alejandro	CCA-48 CARTEL	16
Negrón-Mendoza Alicia	CS-4	4	Orduña Martínez Mariana	SE03-21 CARTEL	123
Negrón-Mendoza Alicia	CS-7 CARTEL	5	Orozco Esquivel Teresa*	GEOQP-19 CARTEL	55
Negrón-Mendoza Alicia	SE03-1	119	Orozco-Esquivel Teresa	SE02-14	116
Negrón-Mendoza Alicia	SE03-2	119	Orozo Plascencia Ozzy Rigoberto	FE-8	28
Negrón-Mendoza Alicia	SE03-4	120	Ortega Beatriz	SE05-2	128
Negrón-Mendoza Alicia	SE03-5	120	Ortega Blanco Christian Aaron*	SE14-15 CARTEL	160
Negrón-Mendoza Alicia	SE03-15 CARTEL	122	Ortega Blanco Christian Aaron*	SE14-19 CARTEL	161
Negrón-Mendoza Alicia	SE03-16 CARTEL	122	Ortega Guerrero Beatriz	CCA-15	9
Negrón-Mendoza Alicia	SE03-17 CARTEL	122	Ortega Guerrero Beatriz	SE05-4	129
Negrón-Mendoza Alicia	SE03-18 CARTEL	123	Ortega Ivan*	SE16-3	165
Negrón-Mendoza Alicia	SE03-19 CARTEL	123	Ortega-Obregón Carlos	GEOQP-6	52
Negrón-Mendoza Alicia	SE03-20 CARTEL	123	Ortega Rivera Ma. Ruth	GEOPAL-5	49
Negrón-Mendoza Alicia	SE03-21 CARTEL	123	Ortega Roberto*	GEOH-3	32
Neri Flores Iris	SE11-11	151	Ortega Roberto	GEOH-21 CARTEL	36
Neri Hernández Omar*	GGA-6 CARTEL	46	Ortega Roberto	SIS-35 CARTEL	99
Neri Hernández Omar	SE20-5	180	Ortega Roberto	SIS-51 CARTEL	102
Neri Omar	VUL-21 CARTEL	110	Ortega Roberto*	SE07-7	137
Neumann Florian	GET-4	40	Ortega Verónica	GEOPAL-4	48
Neumann Florian	VUL-18	109	Ortigosa Gutiérrez Jazmin Deneb	SE15-2	163
Niembro Hernández Rosa Tatiana	FE-3	27	Ortíz Abraham	SE16-2	165
Nieto Amiel	SE20-1	179	Ortíz Abraham	SE16-14 CARTEL	168
Nieto-Baldo Paulina	GP-5 CARTEL	39	Ortíz Álvarez José Abraham	SE18-7	173
Nieto Butrón Jacob Jesús*	GEOH-19	36	Ortiz Agustín	AR-1	1
Nieto Butrón Jacob Jesús*	RN-17 CARTEL	87	Ortiz Agustín*	AR-3	1
Nieto Butrón Jacob Jesús	SE14-4	157	Ortiz Burgos Indira Margarita*	GP-6 CARTEL	39
Nieto Cárdenas Iván Mariano*	SED-4	91	Ortiz Figueroa Modesto	EG-12	22
Nieves Monarrez Gustavo Alejandro*	CCA-3	7	Ortiz Osio Manuel	EG-2	20
Noëlle Guilbaud Marie	SE04-9 CARTEL	127	Ortiz Osio Manuel*	MSG-12	59
Noreña Barroso Elsa	SE15-2	163	Ortiz Osio Manuel	SE02-6	114
Noriega Hernández Eliel	SE11-3	149	Ortiz Osio Manuel	SE02-7	114
Novelo-Casanova David Alberto	RN-10	85	Ortiz Osornio Miryam*	MSG-26	62
Novelo Casanova David Alberto*	RN-13	86	Ortiz Osornio Miryam*	SE02-19	117
Nowlan Caroline	SE16-3	165	Ortiz Treviño Jordan*	GEOQP-14	54
Nowlan Caroline	SE16-13 CARTEL	167	Osorio-Tai Ma. Elena*	CCA-38	14
Núñez Alejandra*	SIS-41 CARTEL	100	Osuna Cañedo José Pedro	OCE-10	71
Núñez Cornú Francisco Javier*	SIS-21	96	Osuna Cañedo Pedro	OCE-2	69
Núñez Diana	SIS-21	96	Osuna José Pedro	OCE-1	69
Núñez Leal María Alejandra	SIS-16	95	Osuna Pedro	OCC-13	66
Núñez Leal María Alejandra	SIS-40 CARTEL	100	Osuna Vallejo Verónica	SED-6 CARTEL	91
Núñez Leal María Alejandra	SE02-22 CARTEL	117	Otero Francisco Javier	CCA-46	16
Núñez Meneses Andrés*	RN-12	85	Ovando-Shelley Efrain	SIS-34	99
Núñez Useche Fernando	PALEO-1 CARTEL	81	Plta de la Paz Carlos	MSG-10	59
Núñez-Useche Fernando	SE02-15	116	Pablo-Sotelo A. de J.*	SE14-10	159
Obeso-Nieblas Maclovio*	OCC-17	67	Pablo-Sotelo Abraham de Jesús	SE14-20 CARTEL	161

Pacheco-Castro Adolfo*	PALEO-2 CARTEL	81	Pérez Hernández María Dolores	OCE-35	76
Pacheco Castro Roger*	GEOH-16	35	Pérez Hernández María Fernanda*	SE01-6	112
Pacheco Chim Mariano*	RN-18 CARTEL	87	Pérez Juan Daniel	SE09-8	144
Pacheco Martínez Jesús	GGA-2	45	Pérez-León José E.	FE-7	28
Pacheco-Martínez Jesús	RN-5	84	Pérez Luján Rodrigo*	MSG-24	61
Pacheco-Martínez Jesús*	RN-6	84	Pérez Martínez Patricia*	AR-4	1
Pacheco Ricardo*	GEOPAL-7	49	Pérez Martínez Patricia	AR-6	2
Padilla-Ceniceros Raudel	RN-6	84	Pérez-Martínez Patricia	AR-9 CARTEL	2
Padilla Lafarga Andrea Alejandra*	EG-18 CARTEL	23	Pérez Martínez Patricia	AR-11 CARTEL	3
Padilla Lafarga Andrea Alejandra	SIS-57 CARTEL	103	Pérez Orozco Juan Daniel	MSG-31 CARTEL	63
Padilla-Ramírez Sergio	GEOQP-4	51	Pérez Quintana César Antonio	OCE-36	76
Paduan Jennifer	GET-4	40	Pérez Rodríguez Nayeli	GEOPAL-1	48
Palacios Emilio*	SE01-2	111	Pérez Rodríguez Nayeli	SED-3	90
Palacios Hernández Paola Yanet	SE01-2	111	Pérez Ruiz Eli Rafael*	CS-8 CARTEL	6
Palacios Rodrigo	SE12-7	154	Pérez Ruiz Eli Rafael	CS-9 CARTEL	6
Palafox González Abel*	MSG-21	61	Pérez Ruiz Eli Rafael	GGA-9 CARTEL	46
Palafox González Abel	MSG-22	61	Pérez Ruiz Eli Rafael	SE18-3	171
Palano Mimmo	SIS-13	94	Pérez Ruiz Eli Rafael*	SE18-7	173
Palano Mimmo	VUL-2	105	Pérez Ruiz Eli Rafael	SE18-17 CARTEL	175
Palano Mimmo	SE07-8	137	Pérez Sampablo Laura Marcela*	OCE-1	69
Pallás Sanz Enric	OCE-5	70	Pérez Sampablo Laura Marcela	OCE-40	77
Pallás Sanz Enric	OCE-6	70	Pérez Senra Alvaro*	CCA-40	14
Pallás Sanz Enric*	OCE-8	70	Pérez Suárez Marlín	SE18-1	171
Pallás Sanz Enric	OCE-9	70	Pérez-Tijerina Eduardo	FE-7	28
Pallás Sanz Enric	OCE-12	71	Pérez Tijerina Eduardo	FE-19	30
Pallás Sanz Enric	OCE-13	71	Pérez Tijerina Eduardo	GEOPAL-10	50
Pallás Sanz Enric	OCE-14	72	Pérez Tijerina Eduardo Gerardo	FE-4	27
Pallás Sanz Enric	OCE-15	72	Pérez Tijerina Eduardo Gerardo	FE-11	29
Pallás Sanz Enric	OCE-16	72	Pérez-Valseca Alejandría	GP-8 CARTEL	39
Pallás Sanz Enric	OCE-49 CARTEL	79	Pérez-Venzor José Antonio	GET-11 CARTEL	42
Pantoja Diego Armando*	SE01-1	111	Pérez-Venzor José Antonio*	VUL-16	108
Pantoja Diego Armando	SE01-6	112	Pérez-Venzor José Antonio	VUL-17	109
Pantoja González Diego	SE01-8	112	Perron Pierre	CCA-2	7
Pantoja González Diego	SE01-9 CARTEL	112	Perton Mathieu	SIS-7	93
Pantoja-González Diego Armando	OCC-16	67	Perton Mathieu	SIS-30	98
Pardo Loaiza Jesús	RN-18 CARTEL	87	Perton Mathieu	SE07-9	137
Pardo-Villaveces Natalia	SE02-14	116	Perton Mathieu	SE07-10	138
Paredes Arriaga Alejandro*	SE03-7	120	Perton Mathieu Félix	SIS-31	98
Paredes Arriaga Alejandro*	SE03-19 CARTEL	123	Pi Puig Teresa	PALEO-1 CARTEL	81
Parés Sierra Alejandro	OCC-5	65	Picanço Giorgio A. S.	FE-19	30
Parés Sierra Alejandro*	OCC-6	65	Pielli Espinosa Franco	SE04-5	126
Parés Sierra Alejandro F.	OCC-2	64	Pielli Franco*	SE04-4	125
Parra Guevara David*	MSG-5	57	Pineda León Roberto	CCA-36	14
Parra Guevara David	MSG-28	62	Pineda Martínez Luis Felipe*	CCA-21	11
Parra Guevara David*	MSG-29 CARTEL	63	Pineda Martínez Luis Felipe	CCA-52 CARTEL	17
Pastor Galán Daniel	GET-7	41	Pineda Martínez Luis Felipe	CCA-54 CARTEL	17
Pazos Espejel Marni	FE-14	29	Pineda Martínez Luis Felipe	CCA-55 CARTEL	17
Pecci Alessandra	AR-3	1	Pineda-Martínez Luis Felipe	RN-4	84
Pedraza Andaverde Alely del Rocio*	RN-19 CARTEL	87	Pineda Serrano Julio Cesar	SE08-11	141
Pedroza Ruciles Sergio	EG-26 CARTEL	25	Pintado Patiño José Carlos	OCC-8	65
Peiffer Loic	VUL-19 CARTEL	109	Pinto R. Suzuki	SE18-6	172
Peña Alfredo	SE12-1	153	Pinzón López Juan Ignacio*	SIS-19	96
Peña-Alonso Tomás Alejandro	GEOH-9	34	Pita Carlos	VUL-13	107
Peña Francisco Diana Luz	RN-23 CARTEL	88	Pita de la Paz Carlos	MSG-11	59
Peña García Laura Elizabeth	GGA-1	45	Plata Martínez Raymundo Omar*	SIS-33	98
Peña Hoyos Omar Isai	SE04-9 CARTEL	127	Plata Raymundo	SIS-59 CARTEL	104
Peralta Candelario	GEOH-19	36	Plazola Hernández Alan*	SE12-2	153
Peralta Candelario	SE14-4	157	Pola Antonio	RN-9	85
Peralta Carreta Candelario	CCA-48 CARTEL	16	Pola Antonio*	SE09-5	144
Peralta-Mendoza Iván A.	FE-7	28	Pola Antonio	SE09-8	144
Peralta-Mondragón Mateo	FE-1	27	Pola Antonio	SE09-9	145
Peralta-Mondragón Mateo*	FE-10	28	Pola Villaseñor Antonio	MSG-31 CARTEL	63
Peralta-Mondragón Mateo	FE-15	29	Pola Villaseñor Antonio	SE09-7	144
Peralta Oscar*	CCA-45	15	Ponce-Núñez Francisco	GET-14 CARTEL	43
Peralta Rosales Óscar Augusto	CCA-49 CARTEL	16	Ponce-Núñez Francisco	GET-15 CARTEL	43
Percot Aline	SE03-7	120	Poom Medina José Luis	SE20-15 CARTEL	182
Pereyra-Castro Karla*	CCA-57 CARTEL	18	Popoca Pavel E.	SE14-5	158
Pereyra-Castro Karla*	SE13-2	155	Porras Reza Sandra*	SE18-8	173
Pereyra Laguna Elsa	SE01-7	112	Porras Sandra	SE16-9	167
Pérez Ana Laura	SE02-4	113	Porras Sandra	SE18-11 CARTEL	174
Pérez Ávila Karla	GEOH-7	33	Portela Esther	OCE-44	78
Pérez Brunius Paula*	OCE-3	69	Poveda Núñez Hugo Esteban	SIS-8	93
Pérez-Brunius Paula	OCE-4	69	Pozo Buil Mercedes	SE17-7	170
Pérez Brunius Paula	OCE-41	77	Prado Blanca	SE05-13 CARTEL	131
Pérez Brunius Paula	OCE-45 CARTEL	78	Prado Pano Blanca Lucía	SE13-8	156
Pérez Brunius Paula	OCE-53 CARTEL	80	Prentice Colin	SE05-6	129
Pérez Calderón Daniel	GET-9 CARTEL	41	Puy-Alguiza María Jesús	CS-1	4
Pérez-Campos Xyoli	SIS-18	95	Que-Salinas Silvano Ulises	SE08-7	140
Pérez Campos Xyoli	SIS-30	98	Que-Salinas Silvano Ulises	SE08-8	141
Pérez-Corona Yuritzy*	OCE-38	77	Quezada Castañeda José Rigel	CCA-17	10
Pérez-Corona Yuritzy	OCE-40	77	Quinn Cervantes Luis Daniel	OCE-47 CARTEL	79
Pérez-Corona Yuritzy	SE13-4	155	Quiñones-Hernández Nadia María*	SE03-18 CARTEL	123
Pérez-Corona Yuritzy	SE13-5	156	Quintana Barranco Ricardo Andrés*	OCE-32	75
Pérez Flores Marco Antonio	EG-20 CARTEL	24	Quintana-Delgado Juan Andrés	GEOQP-4	51
Pérez Flores Marco Antonio*	EG-24 CARTEL	24	Quintanar Arturo	CCA-15	9

Quintanar Arturo	CCA-59 CARTEL	18	Rámoz León José Antonio	MSG-21	61
Quintanar Arturo	SE12-5	154	Rangel Elizabeth	VUL-12	107
Quintanar Ignacio Arturo	CCA-20	11	Rangel Granados Elizabeth	GET-3	40
Quintanar Luis	SIS-43 CARTEL	101	Rangel Granados Elizabeth	GET-10 CARTEL	42
Quintanar Luis	SE07-7	137	Rangel Granados Elizabeth	RN-7	84
Quintanar-Robles Luis	SIS-17	95	Rathnayaka Sampath	SE22-4	188
Quintanar Robles Luis	SE07-4	136	Real Jorge	SIS-34	99
Quintanar Robles Luis	SE07-5	137	Real Jorge	SIS-58 CARTEL	104
Quintanar Robles Luis	SE07-9	137	Real Jorge	SIS-59 CARTEL	104
Quintanar-Robles Luis	SE07-10	138	Real Pérez Jorge	SIS-33	98
Quintero Arenas Javier	SIS-57 CARTEL	103	Real Pérez Jorge Arturo	SIS-30	98
Quintero-Mata J. René	OCE-13	71	Reale Marco	SE17-9	170
Quintero-Mata Jesús R.	OCE-14	72	Reeve Whitham D.	FE-7	28
Quinteros Cartaya Claudia*	SIS-57 CARTEL	103	Reina Carlos	GEOPAL-7	49
Quispe Lady	MSG-14	59	Rendón Contreras Héctor Javier	EG-26 CARTEL	25
Ramírez Bermúdez Luis Alberto	CS-6 CARTEL	5	Rendón García Valeria	GEOQP-18 CARTEL	55
Ramírez Cristo	SE22-4	188	Rendón Valdez Camilo Sergio	OCC-12	66
Ramírez Erik*	SE07-6	137	Rendón Valdez Camilo Sergio	OCE-33	76
Ramírez Fernández Juan Alonso	GEOH-14	35	Rendón Valdez Camilo Sergio	OCE-34	76
Ramírez Fernández Juan Alonso	GEOQP-8	53	Rendón-Vazquez José Daniel	GEOQP-4	51
Ramírez González Lorena*	SE11-10	151	Requena-Lara Glenda Nelly	GEOH-9	34
Ramírez Guerrero Eduardo*	MSG-16	60	Retama Armando	SE16-2	165
Ramírez Hernández Jorge	EG-19 CARTEL	23	Retama Armando	SE16-14 CARTEL	168
Ramírez López Fabián	SE14-10	159	Reveles-Flores Sayde María Teresa	RN-4	84
Ramírez-López Fabián*	SE14-18 CARTEL	161	Reyes Agüero Juan Antonio	SE11-2	149
Ramírez Luis	GP-1	38	Reyes-Alcántara Juan Alberto*	SE03-2	119
Ramírez-Luna Mauricio	SE14-10	159	Reyes Alfaro Gabriel*	SIS-54 CARTEL	103
Ramírez-Luna Mauricio	SE14-20 CARTEL	161	Reyes Armella Marcos Alejandro	AR-4	1
Ramírez Paloma Josselyn*	CCA-29	12	Reyes Armella Marcos Alejandro*	AR-11 CARTEL	3
Ramírez Peña César Francisco	GET-7	41	Reyes Ayala Karen Itzel*	SE03-6	120
Ramírez-Peña César Francisco	GET-11 CARTEL	42	Reyes Bautista Jamila Krystel*	VUL-10	107
Ramírez Peña César Francisco	GEOQP-9	53	Reyes Blas Hortensia	SE09-2	143
Ramírez-Peña César Francisco	VUL-16	108	Reyes-Hernández Mayte F.*	SE18-6	172
Ramírez-Peña César Francisco	VUL-17	109	Reyes Lizeth	SE14-5	158
Ramírez Ponce Eimy	MSG-15	60	Reyes Mariana*	CCA-20	11
Ramírez Ramírez Claudia Jocelyn	SE07-2	136	Reyes Martínez Carlos Simón	EG-6	21
Ramírez Ramos Erik	SIS-26	97	Reyes Martínez Carlos Simón*	EG-16 CARTEL	23
Ramírez Ramos Erik Esteban	SIS-16	95	Reyes Martínez Carlos Simón	GET-8 CARTEL	41
Ramírez Serrato Nelly Lucero	CS-10 CARTEL	6	Reyes Serrano Rogelio	SIS-38 CARTEL	100
Ramírez Serrato Nelly Lucero	GEOH-19	36	Reyes Serrano Rogelio	SIS-39 CARTEL	100
Ramírez Serrato Nelly Lucero	GET-10 CARTEL	42	Reyes Trujillo Guadalupe*	CCA-25	12
Ramírez Serrato Nelly Lucero*	RN-7	84	Reynolds Rick	OCE-48 CARTEL	79
Ramírez Serrato Nelly Lucero	RN-17 CARTEL	87	Reynoso García J. Agustín	SE20-22 CARTEL	184
Ramírez Serrato Nelly Lucero	RN-20 CARTEL	87	Ricci Tullio	SIS-13	94
Ramírez Serrato Nelly Lucero	RN-22 CARTEL	88	Ricci Tullio	VUL-2	105
Ramírez Serrato Nelly Lucero	VUL-12	107	Riley Pete	FE-8	28
Ramírez-Serrato Nelly Lucero	SE11-9	151	Ringler Adam T.	SIS-2	92
Ramírez Serrato Nelly Lucero	SE14-4	157	Ríos Carlos	GEOQP-7	52
Ramírez Vázquez Luisa*	SE03-1	119	Rivas Francisco*	EG-4	20
Ramírez-Vázquez Luisa	SE03-15 CARTEL	122	Rivas Marquez Juan Adolfo	SE14-6	158
Ramírez Vega Karla Guadalupe*	SIS-56 CARTEL	103	Rivas Marquez Juan Adolfo*	SE14-7	158
Ramírez-Zerpa Nestor	GET-4	40	Rivas Marquez Juan Adolfo*	SE14-14 CARTEL	160
Ramón Avellán Denis	GEOPAL-2	48	Rivas Serrano Daniel Antonio*	EG-28 CARTEL	25
Ramón Morales Elvia	SIS-37 CARTEL	99	Rivera Ana L.	SE03-19 CARTEL	123
Ramonet Michel	SE16-9	167	Rivera Caicedo Juan Pablo	CS-3	4
Ramonet Michel	SE18-8	173	Rivera Calderón Elizabeth*	MSG-31 CARTEL	63
Ramos-Bernal Sergio	CS-4	4	Rivera Calderón Elizabeth*	SE09-1	143
Ramos-Bernal Sergio	CS-7 CARTEL	5	Rivera Calderón Elizabeth	SE09-8	144
Ramos-Bernal Sergio	SE03-2	119	Rivera Cárdenas Claudia Inés*	CCA-43	15
Ramos-Bernal Sergio	SE03-4	120	Rivera Cárdenas Claudia Inés	CCA-44	15
Ramos-Bernal Sergio	SE03-17 CARTEL	122	Rivera Luis	SIS-34	99
Ramos-Bernal Sergio	SE03-18 CARTEL	123	Rivera Munguía Niltze	SE20-2	179
Ramos Bernal Sergio	SE03-19 CARTEL	123	Riveros Rosas David*	SE19-8	177
Ramos Bernal Sergio	SE03-20 CARTEL	123	Roberts Robyn	SE02-18	117
Ramos Bernal Sergio Agustín	SE03-5	120	Robles Morúa Agustín	CCA-3	7
Ramos Hernández Silvia	VUL-3	105	Robles Morúa Agustín	SE14-13 CARTEL	160
Ramos Israel Emiliano	SE14-21 CARTEL	161	Robles Morúa Agustín	SE14-15 CARTEL	160
Ramos-Leal José Alfredo	GEOH-5	33	Robles Morúa Agustín	SE15-1	163
Ramos-Leal José Alfredo*	GEOH-7	33	Robles Morúa Agustín	SE15-4	163
Ramos Leal José Alfredo	GEOH-8	33	Robles Roldan Miguel Angel*	SE02-10	115
Ramos Leal José Alfredo	GEOH-10	34	Robles Roldan Miguel Angel*	SE13-3	155
Ramos Leal José Alfredo	GEOH-12	34	Robles Roldan Miguel Angel*	SE14-9	159
Ramos Leal José Alfredo	GEOH-15	35	Robles Rovelo Cruz Octavio	GGA-4	45
Ramos Leal José Alfredo	GEOH-20	36	Robles Uribe Jenifer Fabiola	SED-5 CARTEL	91
Ramos Leal José Alfredo	GET-12 CARTEL	42	Rocher Ana	SIS-34	99
Ramos Leal José Alfredo	GET-13 CARTEL	43	Rocher Ana*	SIS-59 CARTEL	104
Ramos Leal José Alfredo	MSG-9	58	Rodríguez Abdalá Viktor Iván	GGA-4	45
Ramos-Leal José Alfredo*	SE11-13	152	Rodríguez Contreras Perla	GEOQP-21 CARTEL	56
Ramos Musalem Ana Karina*	SE17-8	170	Rodríguez Contreras Perla	RN-21 CARTEL	87
Ramos Musalem Karina	OCE-41	77	Rodríguez Díaz Augusto Antonio	GEOQP-8	53
Ramos Musalem Karina	OCE-42	78	Rodríguez Eduardo*	SIS-37 CARTEL	99
Ramos Organillo Francisco Javier	GEOH-4	32	Rodríguez-Flores Miguel Angel*	SE17-2	169
Ramos Organillo Francisco Javier	GEOH-22 CARTEL	36	Rodríguez González Baudelio	CCA-21	11
Ramos Pérez Omar	CCA-7	8	Rodríguez-González Baudelio	RN-4	84
Ramos Vargas Esmeralda	GP-6 CARTEL	39	Rodríguez González Claudia Alejandra	SE09-2	143

Rodríguez González Miguel	SIS-45 CARTEL	101	Ruiz Chavarria Gerardo	SE20-21 CARTEL	184
Rodríguez Laura Jazmín*	SE05-8	129	Ruiz Cruz Euclides	SIS-39 CARTEL	100
Rodríguez Manzo Joaquín Raúl*	SIS-16	95	Ruiz Diego	VUL-15	108
Rodríguez-Martínez Mario	FE-1	27	Ruiz Huerta Esther Aurora	GGA-6 CARTEL	46
Rodríguez-Martínez Mario	FE-10	28	Ruiz-Ramos Roberto	GP-5 CARTEL	39
Rodríguez-Martínez Mario	FE-13	29	Ruiz Suárez Luis Gerardo	SE16-5	166
Rodríguez-Martínez Mario*	FE-15	29	Ruiz Valdivia Oscar*	RN-11	85
Rodríguez Martínez Mario	FE-19	30	Ruiz-de-Alegría Arzaburu Amaia	OCC-1	64
Rodríguez Melgarejo Susana Abigail*	OCC-5	65	Ruiz de Alegría Arzaburu Amaia	OCC-4	64
Rodríguez Mergalejo Susana	OCC-6	65	Ruiz de Alegría-Arzaburu Amaia	OCC-7	65
Rodríguez Miguel	SE14-22 CARTEL	162	Ruvalcaba Aroche Erick Daniel*	OCE-43	78
Rodríguez-Nikle Tonatiuh	SIS-34	99	Saavedra Vargas Marco Antonio*	EG-27 CARTEL	25
Rodríguez Núñez Ismelis*	RN-3	83	Sacristán Eduardo	SE02-10	115
Rodríguez Osnaya Eduardo	SE04-9 CARTEL	127	Salas Ariza Jessica Jazmin*	MSG-1	57
Rodríguez Osorio Daniel*	FE-14	29	Salas Barrera Citlali	SE11-11	151
Rodríguez Outerelo Javier*	OCE-53 CARTEL	80	Salas Contreras Pedro*	EG-19 CARTEL	23
Rodríguez Padilla Christian Emmanuel	GGA-2	45	Salazar Adán*	SE16-4	165
Rodríguez-Padilla Isaac	OCC-1	64	Salazar Adán	SE18-11 CARTEL	174
Rodríguez Padilla Isaac	OCC-3	64	Salazar Hermenegildo Noemi Jasmin*	SE09-3	143
Rodríguez-Padilla Isaac*	OCC-7	65	Salazar Peña Leobardo	RN-23 CARTEL	88
Rodríguez Padilla Susana*	GEOH-18	35	Salazar Peña Leobardo	RN-24 CARTEL	88
Rodríguez-Rasilla Iván	SIS-17	95	Salazar Tlaczani Luis	SE19-4	176
Rodríguez Robles Ulises	SE18-1	171	Salazar Tlaczani Luis*	SE19-5	177
Rodríguez Robles Ulises*	SE18-2	171	Salcedo Dara	CCA-7	8
Rodríguez Santana Angel	OCE-28	75	Salcedo Dara	SE14-11	159
Rodríguez Solís José Luis*	CCA-34	13	Saldarriaga Noreña Hugo Albeiro	SE16-8	166
Rodríguez Solís José Luis	OCE-9	70	Salgado Albitier Ariadna Camila*	SE11-9	151
Rodríguez Solís José Luis	OCE-47 CARTEL	79	Salgado Bahena Miguel Angel	VUL-11	107
Rodríguez Sosa Luis Fernando*	EG-5	21	Salgado Martínez Hafid	VUL-11	107
Rodríguez Torres Sergio	CCA-48 CARTEL	16	Salinas Calleros Gabriel	GEOH-2	32
Rodríguez Trejo Alejandro	FE-17	30	Salinas Calleros Gabriel	SE02-12	115
Rodríguez-Trejo Alejandro*	GEOPAL-3	48	Salinas Jasso Jorge Alán	GEOH-14	35
Rodríguez-Trejo Alejandro*	GEOPAL-9	50	Salinas Jasso Jorge Alán	RN-3	83
Rodríguez Trejo Alejandro*	SE10-3	146	Salinas Jasso Jorge Alán	RN-19 CARTEL	87
Rodríguez Trejo Alejandro	SE10-7	147	Salinas Samaniego Federico	FE-19	30
Rodríguez Trejo Alejandro	SE10-8	147	Salles Afonso de Almeida Paulo	GEOH-16	35
Rodríguez Trejo Alejandro*	SE14-11	159	Samperio-Ramos Guillermo	OCE-13	71
Rodríguez Uribe María Carolina*	OCC-19 CARTEL	68	Samperio-Ramos Guillermo	OCE-14	72
Rodríguez Vallejo Ramiro	SE01-7	112	Samperio-Ramos Guillermo	OCE-15	72
Rodríguez Van Gort Mary Frances	CCA-5	8	Samperio Ramos Guillermo	OCE-51 CARTEL	79
Rodríguez Vázquez Axel Fernando	FE-11	29	Sánchez Alonso Fernando	SIS-22	96
Rodríguez-Zosayas Diana A.	SIS-7	93	Sánchez-Beristain Francisco*	SE02-11	115
Rojas Castillo Diana Ivett*	FE-6	28	Sánchez Cabeza Joan Albert	OCC-14	66
Rojas Rodrigo*	SE14-22 CARTEL	162	Sánchez Emmanuel	SE20-18 CARTEL	183
Rojas Valencia Aileen*	CCA-47 CARTEL	16	Sánchez-Espejel Jimena*	OCC-21 CARTEL	68
Rojas Vivas José Alfredo*	SE03-21 CARTEL	123	Sánchez García Elsa*	FE-12	29
Romero-Centeno Rosario*	CCA-36	14	Sánchez-García Elsa	FE-13	29
Romero Hernández Esmeralda	FE-4	27	Sánchez García María Dolores*	EG-11	22
Romero-Hernández Esmeralda	FE-7	28	Sánchez Garibay Blanca Estrella*	VUL-20 CARTEL	109
Romero Hernández Esmeralda	FE-11	29	Sánchez Juan Manuel	VUL-7	106
Romero Hernández Esmeralda	FE-12	29	Sánchez Leticia	GP-3	38
Romero-Hernández Esmeralda	FE-13	29	Sánchez Leticia	SE02-3	113
Romero-Hernández Esmeralda	FE-15	29	Sánchez Leticia	SE02-4	113
Romero Hernández Esmeralda*	FE-19	30	Sánchez Mejía Zulía M.	SE14-2	157
Romero Hernández Esmeralda	GEOPAL-10	50	Sánchez Mejía Zulía M.	SE18-3	171
Romero Landin Deisy Guadalupe*	SED-5 CARTEL	91	Sánchez Mejía Zulía M.	SE18-4	172
Romero Lara Yessica Yaneth	GP-6 CARTEL	39	Sánchez-Mejía Zulía M.	SE18-6	172
Romero Torres Andres*	OCC-9	65	Sánchez-Mejía Zulía M.	SE18-12 CARTEL	174
Romero de la Cruz Oscar Mario	EG-10	22	Sánchez-Mejía Zulía M.	SE18-14 CARTEL	174
Romero de la Cruz Oscar Mario*	EG-25 CARTEL	24	Sánchez-Mejía Zulía M.	SE18-15 CARTEL	175
Romo-Castillo Sebastian	GP-5 CARTEL	39	Sánchez-Mejía Zulía Mayari*	SE18-13 CARTEL	174
Romo Jones José Manuel	EG-12	22	Sánchez-Meneses Oscar Casimiro	CCA-1	7
Ronquillo Arturo	SIS-34	99	Sánchez-Meneses Oscar Casimiro	CCA-51 CARTEL	16
Ronquillo Arvizu Arturo	SIS-33	98	Sánchez N. Juan Manuel	VUL-14	108
Rosas Echeverría Hannia Fernanda*	EG-14	22	Sánchez Núñez Juan Manuel	RN-21 CARTEL	87
Rosendo Servín Cesar	PALEO-1 CARTEL	81	Sánchez-Núñez Juan Manuel	VUL-15	108
Rösler Boris*	SIS-2	92	Sánchez-Núñez Juan Manuel*	SE04-10 CARTEL	127
Rösler Boris	SIS-26	97	Sánchez Núñez Juan Manuel	SE08-1	139
Rösler Boris	SIS-52 CARTEL	102	Sánchez Núñez Juan Manuel	SE08-11	141
Rösler Boris	SE07-6	137	Sánchez Ramos Luis Enrique	SE14-11	159
Roy Priyadarsi D.	SE05-3	128	Sánchez Ruezga Jacqueline Montserrat	SE07-11 CARTEL	138
Rubio Arellano Ana Beatriz*	GEOH-10	34	Sánchez Ruiz Andrea*	GEOPAL-6	49
Rueda-Garzon Luisa*	CS-1	4	Sánchez-Sesma Francisco J.	SIS-33	98
Ruiz Aguilar Diego	EG-10	22	Sánchez-Sesma Francisco José	SIS-4	92
Ruiz Aguilar Diego	EG-11	22	Sánchez Sesma Francisco José	SIS-5	93
Ruiz Aguilar Diego	EG-27 CARTEL	25	Sánchez-Sesma Francisco José	SIS-6	93
Ruiz Aguilar Diego	GET-10 CARTEL	42	Sánchez Sesma Francisco José*	SIS-7	93
Ruiz Aguilar Diego	RN-2	83	Sánchez Tafolla Yadir Emmanuel*	SE20-3	179
Ruiz Aguilar Diego	SIS-36 CARTEL	99	Sánchez Tafolla Yadir Emmanuel	SE20-4	179
Ruiz-Aguilar Diego	VUL-12	107	Sánchez Tafolla Yadir Emmanuel	SE20-14 CARTEL	182
Ruiz Angulo Angel	OCE-8	70	Sánchez Tafolla Yadir Emmanuel	SE20-22 CARTEL	184
Ruiz-Angulo Angel*	OCE-29	75	Sánchez Tizapa Marciano	EG-30 CARTEL	26
Ruiz Angulo Angel	OCE-35	76	Sánchez Torres Laura	GEOQP-7	52
Ruiz Chavarria Gerardo	SE20-11	181	Sánchez Valencia Verónica*	CCA-49 CARTEL	16
Ruiz-Chavarria Gerardo	SE20-20 CARTEL	184	Sánchez-Velasco Laura	OCE-43	78

Sánchez-Velasco Laura	OCE-44	78	Singh Shri Krishna	SE07-3	136
Sandoval Hernández Juan Manuel	EG-22 CARTEL	24	Skiba Yuri N.	MSG-5	57
Sandoval Hernández Juan Manuel*	GGA-3	45	Skiba Yuri N.	MSG-29 CARTEL	63
Santamaría Demetrio Marcos	GP-3	38	Solano Darío	SIS-34	99
Santana Cedillo Brenda Lizeth	SE07-8	137	Solano Hernández Ericka Alinne	SIS-11	94
Santiago Ayala Victor Hugo*	CCA-42	15	Solano Hernández Ericka Alinne	SIS-22	96
Santiago Figueroa Lydia	GET-10 CARTEL	42	Solano Hernández Ericka Alinne	SIS-30	98
Santiago Figueroa Lydia	RN-7	84	Solano Rojas Darío	SE07-9	137
Santiago Santos Marco Gael*	SE03-15 CARTEL	122	Solano-Rojas Darío	SE07-10	138
Santillán Espinoza Lina Elisa	RN-17 CARTEL	87	Solari Luigi	GEOQP-6	52
Santoyo Edgar	MSG-17	60	Solari Luigi	SED-1	90
Santoyo García Galiano Miguel Ángel*	SIS-29	98	Solari Luigi A.	SE06-4	133
Santoyo García Galiano Miguel Ángel	SIS-30	98	Solari Luigi Augusto*	GEOQP-3	51
Santoyo García Galiano Miguel Ángel	SE07-3	136	Solari Luigi Augusto*	SE02-14	116
Santoyo García Galiano Miguel Ángel*	SE21-11	186	Soler Ana María	SE05-2	128
Sarocchi Damiano	EG-3	20	Soler Arechalde Ana María	AR-14 CARTEL	3
Sarocchi Damiano	EG-5	21	Soler Arechalde Ana María	SE02-8	114
Sarychikhina Olga*	GEOD-1	31	Solis Orduña Lesly Madeleim*	RN-8	85
Sarychikhina Olga*	RN-1	83	Solis Pichardo Gabriela N.	GEOQP-1	51
Sarychikhina Olga	SIS-36 CARTEL	99	Solis de la Cruz Oscar	GEOQP-8	53
Saucedo G. Ricardo	VUL-14	108	Solorza Rodríguez Victor Daniel*	OCC-2	64
Saucedo Ricardo	VUL-15	108	Soltero Rosales Daniela	CCA-41	15
Saucedo Ricardo	SE04-7	126	Soria Caballero Diana Cinthia*	RN-25 CARTEL	88
Saucedo Ricardo	SE08-11	141	Sosa Ceballos Giovanni	GET-10 CARTEL	42
Savián Jairo	SE10-8	147	Sosa Ceballos Giovanni	GEOQP-1	51
Sawires Rashad	SIS-29	98	Sosa Ceballos Giovanni	GEOQP-10	53
Scaltrito Antonio	SIS-13	94	Sosa Ceballos Giovanni	GEOQP-11	53
Scaltrito Antonio	VUL-2	105	Sosa Ceballos Giovanni	RN-7	84
Scaltrito Antonio	SE07-8	137	Sosa-Ceballos Giovanni	VUL-12	107
Schaaf Peter	GEOQP-1	51	Sosa Ceballos Giovanni	VUL-14	108
Schiavo Benedetto	VUL-1	105	Sosa Ceballos Giovanni	VUL-15	108
Schiavo Benedetto	SE16-11 CARTEL	167	Sosa Ceballos Giovanni	SE09-3	143
Schimmel Martin	SIS-12	94	Sosa-Ceballos Giovanni*	SE20-12	182
Schwartz Joshua	SE22-4	188	Sosa Islas Antonio Salvador*	GEOH-6	33
Scognamiglio Laura	SIS-13	94	Sosa Islas Antonio Salvador	GGA-6 CARTEL	46
Scognamiglio Laura	VUL-2	105	Sosa Nájera Susana	SE05-4	129
Scott Robert W.	SE06-2	132	Sosa Tinoco Ian	SE14-13 CARTEL	160
Sebastián Reyes José Daniel*	GEOPAL-2	48	Sosa Tinoco Ian	SE14-15 CARTEL	160
Seneca Falcon Omar*	SIS-11	94	Sosa Tinoco Ian Mateo	CCA-3	7
Sereno Hugo	SE09-5	144	Sosa Tinoco Ian Mateo	SE14-16 CARTEL	160
Sereno Villaseñor Hugo Iván	MSG-31 CARTEL	63	Sosa Zaragoza Perla	SE20-12	182
Sereno Villaseñor Hugo Iván	SE09-7	144	Soto Molina Víctor Hugo	SE08-8	141
Sereno Villaseñor Hugo Iván*	SE09-8	144	Soto Molina Víctor Hugo	SE08-9	141
Sereno Villaseñor Hugo Iván	SE09-9	145	Soto-Rodríguez Adriana Nadielli*	RN-9	85
Sergeeva Maria	FE-1	27	Soto Rogelio	SE02-4	113
Sergeeva Maria	FE-12	29	Soto Victor	SE08-7	140
Sergeeva Maria	FE-13	29	Soto Victor*	SE08-10	141
Sergeeva Maria	FE-19	30	Soto Villalobos Roberto	EG-8	21
Sergeeva Maria*	SE22-3	188	Soto Villalobos Roberto	EG-21 CARTEL	24
Serna Fernanda	SE14-5	158	Soto-Villalobos Roberto*	GEOQP-16 CARTEL	54
Serrano Flores María Elena	RN-21 CARTEL	87	Soto Villalobos Roberto	MSG-4	57
Serrano Flores María Elena	SE04-10 CARTEL	127	Soto Villalobos Roberto	MSG-30 CARTEL	63
Serrano Ortiz José	EG-13	22	Sotomayor Sandoval Sebastian	SE02-7	114
Sewell Edward Granville	MSG-13	59	Sourisseau Delphine	SE20-20 CARTEL	184
Shaihullina Angela	GET-5	41	Sourisseau Delphine Roselyne Nathalie*	VUL-6	106
Sheinbaum Frank Daniel*	SE17-3	169	Sourisseau Delphine Roselyne Nathalie*	SE08-2	139
Sheinbaum Julio	OCE-7	70	Souza Alejandro Jose	SE17-2	169
Sheinbaum Julio*	OCE-9	70	Spelz Ronald	GET-2	40
Sheinbaum Julio	OCE-23	74	Spelz Ronald	GET-4	40
Sheinbaum Julio	OCE-24	74	Srivastava Nishtha	SIS-57 CARTEL	103
Sheinbaum Julio	OCE-27	74	Stein Seth	SIS-2	92
Sheinbaum Julio	OCE-49 CARTEL	79	Stock Joann	VUL-18	109
Sheinbaum Julio	OCE-52 CARTEL	80	Stramski Dariusz	OCE-48 CARTEL	79
Sheinbaum Pardo Julio	CCA-34	13	Stremme Wolfgang	SE16-3	165
Sheinbaum Pardo Julio	OCE-11	71	Stremme Wolfgang	SE16-4	165
Sheinbaum Pardo Julio	OCE-47 CARTEL	79	Stremme Wolfgang	SE16-6	166
Shinohara Masanao	SIS-33	98	Stremme Wolfgang	SE16-7	166
Shukla Mahendra*	GEOQP-2	51	Stremme Wolfgang	SE16-9	167
Siebe Grabach Christina D.	SE02-17	116	Stremme Wolfgang*	SE16-10 CARTEL	167
Sieron Katrin	SE08-3	139	Stremme Wolfgang*	SE16-11 CARTEL	167
Sieron Katrin	SE08-8	141	Stremme Wolfgang	SE16-12 CARTEL	167
Sieron Katrin	SE08-12	142	Stremme Wolfgang	SE16-15 CARTEL	168
Sierra García Betsabé Atalía*	SE11-7	150	Stremme Wolfgang	SE18-11 CARTEL	174
Sierra-Rojas Maria Isabel*	SED-2	90	Suárez Améndola Manuel Arturo*	SE14-17 CARTEL	160
Silva Acosta Alejandro	SE02-5	114	Suárez Arriaga Mario Cesar*	MSG-6	58
Silva Aguilera Raúl A.	VUL-21 CARTEL	110	Suárez Reynoso Gerardo	RN-13	86
Silva-Corona Jesús	SE02-14	116	Suenaga Nobuaki	MSG-13	59
Silva José Teodoro	SE04-7	126	Suriñach Cornet Emma	EG-1	20
Silva Parga Carlos Alberto*	GEOQP-21 CARTEL	56	Suriñach Cornet Emma	SIS-56 CARTEL	103
Silva Peñaloza Isaías	OCE-31	75	Suzuki Valenzuela Mario Francisco	SE14-16 CARTEL	160
Silva-Romo Gilberto	SE02-2	113	Tabata Makoto	SE03-7	120
Silveira Graça	SIS-19	96	Tago Josué	SIS-34	99
Simoes Nuno	SE15-2	163	Tago Josué	SE07-9	137
Singh Shri Krishna	SIS-3	92	Tago Josué	SE07-10	138
Singh Shri Krishna*	SIS-18	95	Talavera Cervantes Gildardo*	SIS-23	96

Tapia Flores Karen Miriel*	CCA-19	10	Ulices Que-Salinas Silvano	SE08-6	140
Tapia-Hernández Linda Patricia*	CS-7 CARTEL	5	Ulloa Torres Marco Julio	OCE-8	70
Taquet Noemie	SE16-9	167	Urrutia Fucugauchi Jaime	MSG-15	60
Tarin Terrazas Tonantzin	SE18-3	171	Urrutia Fucugauchi Jaime	SED-3	90
Tarin Terrazas Tonantzin*	SE18-16 CARTEL	175	Urrutia Fucugauchi Jaime	SE03-6	120
Tarin Tonantzin	SE18-11 CARTEL	174	Ursino Andrea	SIS-13	94
Tassi Franco	VUL-19 CARTEL	109	Ursino Andrea	VUL-2	105
TeMPO Science Team	SE16-1	165	Ursino Andrea	SE07-8	137
TeMPO Science Team	SE16-13 CARTEL	167	Utrera Hernández Sophia Alejandra*	SIS-15	95
Teja Juárez Víctor Leonardo*	MSG-3	57	Uuh Jorge	SE18-11 CARTEL	174
Teja Juárez Víctor Leonardo*	MSG-8	58	Uuh Sonda Jorge M.*	SE14-2	157
Teja Juárez Víctor Leonardo	MSG-16	60	Uuh Sonda Jorge M.*	SE18-4	172
Teja Juárez Víctor Leonardo	MSG-28	62	Uuh Sonda Jorge M.	SE18-12 CARTEL	174
Tejeda-Martínez Adalberto	CCA-13	9	Uuh Sonda Jorge M.	SE18-15 CARTEL	175
Tejeda-Martínez Adalberto	CCA-16	10	Vackár Jiri	SIS-2	92
Tejeda-Martínez Adalberto	CCA-62 CARTEL	19	Vaiciulyte Sandra*	RN-10	85
Tejero Andrade Andres	SE02-6	114	Valdés Barrón Mauro German	SE19-8	177
Tellez Maricela*	CCA-6	8	Valdés González Carlos Miguel*	SE20-6	180
Téllez Ugalde Eric Benjamín	SE20-3	179	Valdez Terríquez Armando*	SIS-39 CARTEL	100
Téllez Ugalde Eric Benjamín	SE20-4	179	Valencia Morales Yuly Tatiana*	GEOQP-4	51
Téllez Ugalde Eric Benjamín*	SE20-14 CARTEL	182	Valencia Moreno Martín*	SE06-3	132
Téllez Ugalde Eric Benjamín*	SE20-22 CARTEL	184	Valencia Moreno Martín	SE06-5	133
Tellez de la Cruz Oscar Alexis	GEOH-24 CARTEL	37	Valencia Saucedá Javier	EG-15	23
Tenorio-Fernández Leonardo	OCE-44	78	Valencia Torres Diego Axel*	SIS-32	98
Tenreiro Miguel*	OCE-5	70	Valencia Victor	SED-2	90
Tenreiro Miguel	OCE-9	70	Valenzuela Elias*	SE09-10	145
Tenreiro Miguel	OCE-49 CARTEL	79	Valenzuela Gastélum Lucía Guadalupe*	EG-15	23
Tereshchenko Irina	CCA-31	13	Valenzuela Gutiérrez Valeria	EG-8	21
Tereshchenko Irina	CCA-39	14	Valenzuela Gutiérrez Valeria	EG-21 CARTEL	24
Tereshchenko Irina	OCC-16	67	Valenzuela Partida Julián	SE14-2	157
Thelanderesson Amelia*	OCE-42	78	Valenzuela Partida Julián	SE18-4	172
Ticona Ema	MSG-14	59	Valenzuela Wong Raúl	SIS-30	98
Ticona Javier	MSG-14	59	Valera Fernández Daisy	SE05-1	128
Tiempos Sánchez Joselyn Meliza*	SIS-48 CARTEL	102	Valle Levinson Arnoldo	OCC-3	64
Tinoco Martínez Sergio Rogelio*	SIS-53 CARTEL	102	Valle-Rodríguez Santiago	RN-4	84
Torn Margaret	SE18-16 CARTEL	175	Valle Rodríguez Santiago	SE07-2	136
Torreblanca Carlos	GEOPAL-6	49	Vaquero Bautista Cristian Adrian	FE-6	28
Torrecilla Elena	OCE-48 CARTEL	79	Varela-Mendez Ariana	FE-15	29
Torres Argüelles Vianey	GEOQP-20 CARTEL	55	Vargas-Bracamontes Dulce María	SE20-8	180
Torres-Carrillo Xochitl Guadalupe	GEOQP-15 CARTEL	54	Vargas Hernández José Mauro	OCC-3	64
Torres-Cruz Edna Ameyalli	GP-5 CARTEL	39	Vargas Huipé Nuria Delia*	CCA-5	8
Torres Esperanza	SE05-2	128	Vargas-Martínez Irma G.	SE05-3	128
Torres Freyermuth Alec	OCC-8	65	Vargas Rodrigo*	SE18-10	174
Torres Freyermuth Alec	OCC-12	66	Varón Ramírez Viviana	CS-2	4
Torres Freyermuth Alec	OCE-33	76	Varón Ramírez Viviana Marcela*	CCA-30	13
Torres Freyermuth Alec	OCE-34	76	Vasiliev Maxim	OCC-16	67
Torres Freyermuth Alec	SE15-2	163	Vásquez-Montoya Matías Nicolás	SE08-3	139
Torres Gloria	GEOPAL-4	48	Vasquez Serrano Alberto*	GET-3	40
Torres Héctor S.	OCE-36	76	Vasquez Serrano Alberto*	GET-10 CARTEL	42
Torres Héctor S.	OCE-38	77	Vasquez Serrano Alberto	RN-7	84
Torres Héctor S.	SE13-4	155	Vasquez-Serrano Alberto	VUL-12	107
Torres Hernández José Ramón	SE10-11	148	Vázquez Alarcón Geraldine V.*	SE04-1	125
Torres Hernández José Ramón	SE10-12	148	Vázquez Báez Víctor Manuel	SE14-1	157
Torres José Ramón	GET-12 CARTEL	42	Vázquez Báez Víctor Manuel	SE14-3	157
Torres José Ramón*	GET-13 CARTEL	43	Vázquez-Castro Gabriel	SE05-8	129
Torres López José Armando	MSG-8	58	Vázquez Felipe Adrian	CCA-48 CARTEL	16
Torres López José Armando	MSG-16	60	Vázquez Gabriel	SE02-3	113
Torres Martínez Miguel Ángel	SE02-5	114	Vázquez Gálvez Felipe Adrián	SE18-7	173
Torres-Orozco Rafael*	SE08-3	139	Vázquez-Guevara Luis Gerardo*	GEOH-9	34
Torres-Orozco Rafael	SE08-5	140	Vázquez Gustavo*	CCA-56 CARTEL	17
Torres-Orozco Rafael	SE08-6	140	Vázquez Luna Daniel Rogelio*	EG-22 CARTEL	24
Torres Orozco Rafael	SE08-7	140	Vázquez Omar	VUL-23 CARTEL	110
Torres-Orozco Rafael*	SE08-8	141	Vázquez Velázquez Valente	CS-6 CARTEL	5
Torres Rafael	SE08-10	141	Vega González Marina	GGA-5 CARTEL	46
Torres Rivera Sonia	GET-12 CARTEL	42	Vega Ruiz Sandra	EG-28 CARTEL	25
Torres Rodríguez Esperanza*	SE05-1	128	Vega Sandra	SE09-4	143
Torres Rodríguez Vicente*	GEOH-1	32	Vega Sandra	SE09-6	144
Torres de la Cruz Felipe de Jesús	PALEO-4 CARTEL	81	Vega Sandra	SE09-10	145
Tostado Plascencia Miriam Marcela	EG-30 CARTEL	26	Vega-Villasante Fernando	OCC-15	67
Tramelli Anna	SIS-13	94	Veklich Ilya	GET-5	41
Tramelli Anna	VUL-2	105	Vela Rosas Miguel Ángel	SE02-8	114
Tranquillo Espinoza Carla Gisela	SE20-19 CARTEL	183	Vela Rosas Miguel Ángel	SE20-14 CARTEL	182
Treinen Crespo Christina Verónica	SE05-5	129	Velasco Tapia Fernando	GEOQP-8	53
Trejo Martínez Ximena Michelle*	EG-23 CARTEL	24	Velasco-Tapia Fernando	GEOQP-16 CARTEL	54
Triplett Eric	SE22-4	188	Velasco Tapia Fernando	MSG-4	57
Trueba Vázquez Miroslava	CCA-43	15	Velasco Vinasco Julián	CCA-8	8
Trujillo Alcántara Alfredo	SE15-3	163	Velásquez-Aristizábal Jorge A.	OCE-14	72
Trujillo-Rojas Katia Denis*	CCA-23	11	Velásquez-Aristizábal Jorge A.	OCE-15	72
Tupper Andrew	VUL-5	106	Velásquez-Aristizábal Jorge Armando*	OCE-13	71
Tupper Andrew	SE20-16 CARTEL	183	Velásquez-Aristizábal Jorge Armando*	OCE-19	73
Turrent Thompson Cuauhtémoc	CCA-19	10	Velázquez López Jesús Ernesto*	SE02-23 CARTEL	118
Tuxpan Vargas José	EG-23 CARTEL	24	Velázquez Muñoz Federico Ángel	OCC-9	65
Tuxpan Vargas José	GEOH-20	36	Velázquez Muñoz Federico Ángel	SE01-4	111
Ubach-Cozatl María Eugenia*	SE04-2	125	Velázquez Sánchez Vianney	SE02-6	114
Uc Castillo José Luis*	GEOH-20	36	Velderrain Rojas Luis Alonso*	SE10-10	148

Veliomejía López Mariano*	OCC-20 CARTEL	68	Yegres Herrera Luis Alejandro	SIS-52 CARTEL	102
Venegas-Sánchez Ricardo O.	GET-15 CARTEL	43	Yegres Herrera Luis Alejandro	SE07-6	137
Ventura Cruz Jessica*	RN-20 CARTEL	87	Yépez Enrico A.	SE14-2	157
Ventura Guido	SIS-13	94	Yépez Enrico A.*	SE18-1	171
Ventura Guido	VUL-2	105	Yépez Enrico A.	SE18-3	171
Ventura-Houle René	GEOH-9	34	Yépez Enrico A.	SE18-4	172
Ventura Marroquín Julia Isabel*	EG-12	22	Yépez Enrico A.	SE18-6	172
Vera Norberto*	MSG-25	62	Yépez Enrico A.	SE18-12 CARTEL	174
Vera Rodríguez Luis Enrique*	OCC-10	66	Yépez Enrico A.	SE18-13 CARTEL	174
Verdín Herrera Víctor Daniel*	SIS-44 CARTEL	101	Yépez Enrico A.	SE18-14 CARTEL	174
Verdugo Homar*	OCE-24	74	Yépez Enrico A.	SE18-15 CARTEL	175
Verdugo Ortega Homar	OCE-47 CARTEL	79	Yépez Rincón Fabiola D.	RN-22 CARTEL	88
Verma Sanjeet Kumar	GEOQP-2	51	Yoshioka Shoichi	MSG-13	59
Verma Sanjeet Kumar	GEOQP-5	52	Yoshioka Shoichi	MSG-24	61
Verma Sanjeet Kumar*	GEOQP-12	53	Yutis Vsevolod	EG-3	20
Verma Sanjeet Kumar*	SE21-10	186	Yutis Vsevolod	EG-5	21
Victor Almanza	SE16-10 CARTEL	167	Yutis Vsevolod*	GET-5	41
Vidal Solano Jesús Roberto	SE10-8	147	Yutis Vsevolod	GGA-8 CARTEL	46
Vidal Solano Jesús Roberto	SE10-10	148	Zambrana Areas Xochilt Esther*	EG-1	20
Vidal Villegas J. Antonio	SIS-16	95	Zamora Camacho Araceli	SIS-20	96
Vidal Villegas J. Antonio	SE07-6	137	Zamora Camacho Araceli	SIS-44 CARTEL	101
Vidal Villegas José Antonio*	SE02-22 CARTEL	117	Zamora Camacho Araceli*	VUL-11	107
Vilaclara Gloria	VUL-21 CARTEL	110	Zamora Martínez Olivia*	SE21-13	187
Villa Guerrero Arantxa*	OCC-4	64	Zamudio Luis	OCE-37	77
Villafuerte Carlos*	SIS-9	93	Zanor Gabriela	CS-1	4
Villafuerte Carlos	SIS-34	99	Zapata Norberto Berenice*	GEOH-15	35
Villafuerte Carlos	SE07-9	137	Zapata Norberto Berenice*	MSG-9	58
Villafuerte Carlos	SE07-10	138	Zarate-Requena Alejandro	GET-15 CARTEL	43
Villalón Turrubiates Ivan E.	CS-3	4	Zare Ali*	VUL-22 CARTEL	110
Villanueva-Hernández Pablo	FE-7	28	Zarraluqui Víctor*	CCA-18	10
Villanueva Hernández Pablo	FE-9	28	Zarza Alvarado Miriam Arianna	SE19-3	176
Villanueva Hernández Pablo	FE-17	30	Zarza Alvarado Miriam Arianna*	SE19-6	177
Villanueva Hernández Pablo	GEOPAL-10	50	Zavala Hernández Damaris*	SE04-9 CARTEL	127
Villareal Guerrero Federico	SE18-9	173	Zavala Hidalgo Jorge	CCA-22	11
Villarnobo González Katia Michelle*	CS-6 CARTEL	5	Zavala-Hidalgo Jorge	CCA-23	11
Villarreal Brito Mariela*	CCA-46	16	Zavala Hidalgo Jorge	CCA-25	12
Villarreal Olavarrieta Carlos Eduardo	OCC-13	66	Zavala-Hidalgo Jorge	CCA-36	14
Villarreal Olavarrieta Carlos Eduardo*	OCE-2	69	Zavala-Hidalgo Jorge	CCA-38	14
Villarreal Samuel	RN-22 CARTEL	88	Zavala Hidalgo Jorge	MSG-7	58
Villarreal Samuel	SE18-3	171	Zavala Hidalgo Jorge	SE17-1	169
Villegas-Mendoza Josué	OCE-19	73	Zavala Hidalgo Jorge	SE20-22 CARTEL	184
Villegas Rodríguez Elisa*	OCC-3	64	Zavala Romero Olmo	OCE-3	69
Villegas Vicencio Luis Javier*	SE13-7	156	Zavala Romero Olmo*	OCE-20	73
Viramontes Gamboa Gonzalo	GEOPAL-2	48	Zavala Sansón Luis*	OCE-30	75
Vita Fabio	VUL-1	105	Zavala Sansón Luis	OCE-46 CARTEL	79
Viveros García Blanca Elizabeth*	CCA-31	13	Zavaleta Caballero Carlos	CCA-7	8
Vivoni Enrique	CS-8 CARTEL	6	Zavaleta Medrano Tabhata	RN-16	86
Vivoni Enrique R.	CCA-53 CARTEL	17	Zazueta Marcela Elizabeth*	SIS-35 CARTEL	99
Vongsathorn Kathleen	SE02-18	117	Zazulie Natalia	SE17-9	170
Vourlidas Angelos	FE-7	28	Zelaya Guerrero Evelin Cecilia*	SE18-17 CARTEL	175
Wacker Tracy	SE02-18	117	Zenteno Jiménez José Roberto	RN-24 CARTEL	88
Walle-García Otoniel	GEOQP-16 CARTEL	54	Zepeda Martínez Mildred*	SED-1	90
Wang Ping	OCC-8	65	Zepeda Pirron Manuel Alejandro*	SE05-9	130
Wardman John	VUL-5	106	Zermeño-Villalobos Alfredo	RN-5	84
Wardman John	SE20-16 CARTEL	183	Zierenberg Robert	GET-4	40
Waterhouse Amy	OCE-41	77	Zins Emilie-Laure	SE03-7	120
Waxman Eleanor	SE16-3	165	Zúñiga Ramón	RN-12	85
Weaver Richard L.	SIS-7	93	Zúñiga Ramón*	SIS-27	97
Weber Bodo	GEOQP-4	51	Zúñiga Tovar Ángel Emmanuel	RN-14	86
Weber Bodo	GEOQP-6	52	Zúñiga Tovar Ángel Emmanuel*	RN-15	86
Weber Bodo	GEOQP-15 CARTEL	54	Zúñiga Tovar Ángel Emmanuel*	RN-16	86
Weeraratne Dayanthie*	SE22-4	188	Zuñiga Villarreal Constanza*	CCA-14	9
Welsh Carlos	SE08-10	141			
Welsh Rodríguez Carlos Manuel	CCA-50 CARTEL	16			
Welsh Rodríguez Carlos Manuel	SE08-8	141			
Welsh-Rodríguez Carlos Manuel*	SE08-9	141			
Williams George	VUL-5	106			
Williams George	SE20-16 CARTEL	183			
Wyss Max	RN-12	85			
Xancal Acametitla Grisel	EG-19 CARTEL	23			
Yamagishi Akihiko	SE03-7	120			
Yamamoto Yohei	CCA-2	7			
Yáñez-Casas Gabriela	SE14-20 CARTEL	161			
Yáñez-Casas Gabriela Aurora	SE14-10	159			
Yáñez-Casas Gabriela Aurora	SE14-18 CARTEL	161			
Yáñez Gabriela*	SE15-3	163			
Yáñez Pérez Gabriela	SE14-1	157			
Yáñez Pérez Gabriela	SE14-3	157			
Yano Hajime	SE03-7	120			
Yarbuh Ismael	GET-4	40			
Yegres Herrera Luis Alejandro	SIS-16	95			
Yegres Herrera Luis Alejandro	SIS-26	97			
Yegres Herrera Luis Alejandro	SIS-36 CARTEL	99			
Yegres Herrera Luis Alejandro*	SIS-40 CARTEL	100			
Yegres Herrera Luis Alejandro	SIS-41 CARTEL	100			

Con un cordial saludo

Luis A. Delgado Argote y Avith Mendoza Ponce
Editores



geos

Información con:

Ivonne Pedrín Morales
División de Ciencias de la Tierra
Tel: 01(646)174-5050
Ext: 26004
Correo electrónico: ipedrin@cicese.edu.mx



geos

