

SEGUNDO COLOQUIO INVESTIGACIONES EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

17 AL 19 DE SEPTIEMBRE DE 1996

José Gómez Valdés, Miguel Lavín y Gregory Hamman
Editores

Hace un poco más de siete años, 1989, se realizó el I Coloquio sobre Investigaciones en el Golfo de California. Fue un acontecimiento en el que sólo participaron ponentes del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Claudia Farfán, María Luisa Argote, Ricardo Fernández y Manuel Figueroa, con su trabajo organizativo, sembraron la semilla.

Desde entonces, de persona a persona se comunicaba la necesidad de continuar lo hecho en 1989. Los trabajos se acumulaban y el interés por el Golfo de California, por fortuna, iba en aumento. A principios de 1996, Miguel F. Lavín, sin duda uno de los investigadores experimentales que más esfuerzo ha dedicado a este bello mar, hace un llamado a océanógrafos y geofísicos para reunimos una vez más para intercambiar ideas sobre investigaciones en el golfo. Esta vez, la Unión Geofísica Mexicana se une al comité organizador, y juntos trabajamos en la preparación del coloquio.

Este segundo coloquio fue internacional e incluyente. Ponentes del Centro Regional de Investigación Pesquera de Ensenada, Universidad Autónoma de Baja California Sur, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Centro Regional de Investigación Pesquera de Mazatlán, National Severe Storms Laboratory, Universidad Autónoma de Baja California, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Northern Arizona University, University of Southern California, University of California in Santa Clara, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Universidad Nacional Autónoma de México y Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, intercambiamos ideas, conversamos y discutimos de una manera abierta y propositiva.

De las 49 ponencias registradas, 16 fueron de Oceanografía Biológica y Pesquerías, 17 de Oceanografía Física, 16 de Geoquímica, Geología y Geofísica. También se organizaron dos mesas redondas y la sesión de carteles fue particularmente exitosa.

De la mesa redonda "La Meteorología en México", coordinada por Edgar Pavía, Michael W. Douglas, Miguel F. Lavín y Antonio Badán se identificó como el problema más serio la carencia de meteorólogos de todos los niveles que tiene nuestro país, entre otros puntos. De la mesa redonda "Física, Biología, Química, Geología y Geofísica en el Golfo de California", coordinada por el comité organizador, surgió la necesidad de intercambiar información, colaborar en artículos científicos, promover el intercambio de experiencias entre los estudiantes de estas disciplinas y elaborar un banco de datos, entre otras acciones a seguir.

Una encuesta *in situ* reveló que hay que continuar con este tema en un formato parecido al empleado en 1996, con una periodicidad de dos o tres años. Miguel F. Lavín, José Gómez Valdés, Gregory Hamman, Víctor Camacho y Arturo Martín Barajas fueron los responsables de este re-encuentro de investigadores y estudiantes de posgrado. La Unión Geofísica Mexicana y el CICESE apoyaron decididamente el acontecimiento, en particular, Víctor Manuel Frias C., Carlos Cabrera, Alvaro Armenta y Roberto Soto.

Los resúmenes que se presentan en esta memoria son todos los que fueron recibidos por los organizadores. En la página internet de la UGM: <http://www.ugm.org.mx/coloquio>, se puede encontrar información adicional sobre el acto.

OCEANOGRAFÍA BIOLÓGICA Y PESQUERÍAS

LA PESCA DE CAMARÓN EN EL GOLFO DE CALIFORNIA: SITUACIÓN ACTUAL, PELIGROS Y PERSPECTIVAS

Luis Eduardo Calderón Aguilera, Alberto Aragon Noriega,
Gerardo Castillo y Héctor Licon González
Laboratorio de Ecología y Pesquería de la Zona Costera, Depto. de
Ecología, CICESE, Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada,
B.C. México.

Desde hace casi 50 años cuatro especies de camarón, *Penaeus californiensis*, *P. stylirostris*, *P. vannamei* y *P. brevis*, se explotan comercialmente en el Golfo de California. Esta es la principal fuente de divisas para el país después del petróleo y de miles de empleos directos e indirectos en la región. En la temporada 1995-96 cerca de 586 barcos de los puertos de Guaymas, Yavaros, Puerto Peñasco, Santa Clara y San Felipe estuvieron pescando en el Golfo de California. La captura total aproximada fue de 7,300 toneladas métricas. La Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) ha ido decreciendo en la última década, con una clara correlación negativa con el esfuerzo ($r = -0.57$; $p < 0.05$). La pesquería se encuentra sobrecapitalizada, es de bajo rendimiento (menos de 70 kg/hr de arrastre) y poco eficiente, 1 kg de camarón por 9 kg de fauna de acompañamiento. La mortalidad por pesca, sin considerar la producida por la flota de Mazatlán, está alrededor de 1.5. Bajo un esquema de pesca precautoria, para que quede un 10% de la población desovante, la mortalidad total no puede ser mayor de 2.3. Desde 1992 el camarón dejó de ser una especie reservada para cooperativas, por lo que la introducción de nuevos barcos del sector privado ha aumentado la presión de pesca. Lo anterior, aunado al aumento de la pesca de bahía, el uso de artes de enmalle y la captura de postlarvas silvestres para cultivo pueden poner en peligro a esta pesquería. La investigación sobre la pesca de camarón en el Golfo de California debe estar dirigida en dos sentidos principales: sobre el desarrollo de nuevas tecnologías de captura más selectivas y menos destructivas y sobre los factores ambientales y antropogénicos que influyen sobre el reclutamiento. En cuanto a éste último, nuestro grupo se encuentra realizando muestreos de postlarvas de camarón en el alto Golfo desde 1993 y cuenta con datos de muestreos realizados en la zona de Mazatlán desde 1988. La intención es desarrollar un modelo de reclutamiento utilizando a la abundancia relativa de postlarvas como una variable proximal, acoplada a la temperatura del mar, productividad primaria y corrientes.

ESTUDIOS SOBRE FAUNA SILVESTRE EN EL MAR DE CORTÉS

Eric Mellink
Depto. de Ecología, CICESE, Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada.
Ensenada, B.C., México

El CICESE ha realizado estudios sobre reptiles, aves y mamíferos desde hace unos 8 años. Desde el principio incluyó en éstos a poblaciones de diferentes especies en el Mar de Cortés. En muchos de estos estudios nuestros resultados reflejan las complejas interacciones entre los factores físicos y biológicos en las costas, islas y ambiente marino. Aquí presento someramente ocho casos que ilustran lo anterior. Algunos de éstos han sido o son actualmente tesis de integrantes del grupo. Estos casos son: 1) las aves anidantes en las Islas de San Jorge, 2) la dinámica de la comunidad de aves anidantes en Isla Montague, 3) la ecología de las colonias de anidación del gallito marino *Sterna antillarum*, 4) las interacciones entre el lobo marino (*Zalophus californianus*) y la pesca ribereña, 5) las poblaciones de ratones de campo (*Peromyscus spp*) y de chucualas (lagartijas, *Sauromalus spp.*) en islas, 6) la colonización de Isla Danzante por la lagartija *Callisaurus draconoides*, 7) la ecología reproductiva del pelicano (*Pelecanus occidentalis*) y, 8) las poblaciones de castor (*Castor canadensis*) en el delta del Río Colorado. Las limitaciones para interpretar de mejor manera nuestros hallazgos incluyen la falta de información sobre las variaciones en las poblaciones locales de ictiofauna costera, en tres escalas de tiempo: interanual, intra-anual y decadal; sobre el efecto de los factores físicos y de la pesca sobre la disponibilidad de alimento para diferentes especies; y sobre los niveles de marea en el Alto Golfo y los factores que la afectan localmente.

PARAMETROS FOTOSINTÉTICOS DEL FITOPLANCTON DE FILAMENTOS SUPERFICIALES EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

Gilberto Gaxiola-Castro¹, Saúl Alvarez-Borrego¹, Miguel F.
Lavin² y Alberto Zirino³
¹ Depto. de Ecología, CICESE, Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada,
Ensenada, B.C., México.
² Depto. de Oceanografía Física, CICESE, Km. 107, Carret.
Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., México.
³ Naval Ocean System Center, San Diego, California, U.S.A. and
Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC, Ensenada, Baja
California, México.

Estudiamos la variabilidad espacial de los parámetros fotosintéticos de fitoplancton dentro de filamentos termales en la parte central del Golfo de California. Los números de asimilación (PBm) y la eficiencia fotosintética del fitoplancton (B) fueron determinados con incubaciones de 14C de muestras colectadas de los niveles de luz de 100% y 50%. El contenido de clorofila *a*, la concentración de los nutrientes PO₄ y NO₃, el oxígeno disuelto y la pH fueron medidos para diferentes fracciones de tamaño de fitoplancton. Reportamos relaciones

lineales entre la temperatura y la concentración de los nutrientes, y entre la temperatura y la abundancia de células de fitoplancton. Se encontraron niveles más altas de PBM y B para las células de fitoplancton > 8 micras. Los valores promedio de estos parámetros fotosintéticos fueron: 1.530.96 mgC(mgChl a)-1h-1 y 0.120.08 mgC(mgChl a)-1h-1 (Wm-2)-1 para PBM y B, respectivamente. Nuestra hipótesis inicial que valores de PBM aumentan de aguas frías hacia aguas más calientes no está apoyado por estos datos. Debido a que la baja variabilidad de los parámetros fotosintéticos del fitoplancton, parece ser que los valores promedio pueden ser empleados durante el invierno para calcular la producción primaria mediante modelos que utilizan información derivada de imágenes por satélite.

PROYECTOS Y MISIÓN DEL CENTRO INTERCULTURAL DE ESTUDIOS DE DESIERTOS Y OCÉANOS (CEDO) EN EL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA

Carlos Navarro

Centro Intercultural de Estudios de Desiertos y Océanos (CEDO)
Puerto Peñasco, Sonora México.

El Centro Intercultural de Estudios de Desiertos y Océanos (CEDO), localizado en Puerto Peñasco, Sonora, tiene como misión el recopilar, generar y compartir información sobre el Alto Golfo de California y el Desierto Sonorense circundante, así como promover la conservación y el uso sustentable de sus recursos naturales y culturales. Localizado estratégicamente a la puerta en las recién creadas Reservas de la Biósfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, y de El Pinacate y Gran Desierto de Altar, CEDO sirve desde 1987 como centro educativo y estación de campo para gran número de grupos escolares y universitarios, así como para investigadores nacionales e internacionales. Así mismo, desarrolla e implementa diversos programas y materiales científicos y educativos para una amplia gama de público multicultural, incluyendo residentes, estudiantes, organizaciones locales, científicas y turistas. CEDO fué un instrumentador clave en la implantación del Plan de Manejo de la Reserva del Alto Golfo. De igual forma, ha estado involucrado desde hace varios años en el monitoreo a largo plazo de la distribución y abundancia de los principales organismos entremareales de la región, así como en el monitoreo de las condiciones climáticas locales, esperando publicar próximamente sus primeros resultados. Contando entre sus instalaciones con una biblioteca especializada en la región, laboratorios húmedo y seco, museo con colecciones científicas y de enseñanza de organismos de la zona, microscopios, computadoras y dormitorios, CEDO ha colaborado estrechamente con un gran número de instituciones en el desarrollo de proyectos diversos, como el U.S. Fish and Wildlife Service en el monitoreo del Berrendo Sonorense (*Antilocapra americana sonoriensis*), la UNAM y el ITESM en la investigación sobre la biología y mortalidad incidental de la Vaquita (*Phocoena sinus*), y con el CICESE en la recopilación de datos oceanográficos y meteorológicos, entre otras muchas. Es así como CEDO se ha perfilado como un sitio de gran importancia estratégica, siempre dispuesto a juntar esfuerzos y

colaborar en proyectos de investigación científica e implantación de actividades sustentables en la parte Norte del Golfo de California, para obtener así mayores beneficios y resultados en esta zona de Reservas de la Biósfera.

EL HÁBITAT DE DESOVE DE LA SARDINA MONTERREY (*SARDINOPS SAGAX*) EN EL GOLFO DE CALIFORNIA-DISTRIBUCIÓN DE HUEVOS Y LARVAS; 1956-57 Y 1991-1991

M. Gregory Hamann

Depto. de Ecología, CICESE, Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., México.

La distribución de huevos y larvas de la sardina monterrey en el Golfo de California fue estudiada utilizando los datos de 38 cruceros realizados durante los periodos de 1956-57 y 1971-1991. El hábitat de desove se describe con las condiciones termales bajo las cuales los huevos de estados I-III fueron encontrados. Se analizaron los datos de temperatura de las estaciones de muestreo en los cruceros y de una serie de tiempo del mareógrafo en Guaymas, Sonora, y también imágenes por satélite de la temperatura superficial del mar. La alta correlación encontrada entre la estacionalidad de temperatura medida en los cruceros y la observada en Guaymas permitió la elaboración de una serie de tiempo que representa el Golfo central, el cual fue utilizado para producir una climatología de la estacionalidad térmica entre 1952-1991. La sardina monterrey desova en el Golfo de California durante noviembre a mayo; la mayor intensidad de desove ocurre entre diciembre y enero. Los huevos y larvas fueron encontrados en todo el Golfo, pero hay más desove en el Golfo central, no siendo restringido a la costa, como anteriormente fue reportado. Las condiciones superficiales del Golfo de California son fuertemente estacionales en parte debido a la influencia del agua tropical del sur durante los meses de verano. Esta estacionalidad se encuentra reflejada en la distribución temporal de desove que no ocurre durante el verano. La duración del desove representada por la media $\pm$ 1 desviación estándar de la temperatura preferida muestra mucha variabilidad interanual la cual influirá la fuerza de la clase anual siguiente.

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DESARROLLO DE LA MORFOLOGÍA FUNCIONAL DE ALIMENTACIÓN EN LA SARDINA MONTERREY (*SARDINOPS SAGAX*) Y LA ANCHOVETA NORTEÑA (*ENGRAULIS MORDAX*)

Soledad Arocena Ponce de León y M. Gregory Hamann
Depto. de Ecología, CICESE, Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., México

Se obtuvieron mediciones de diferentes variables que caracterizan el aparato filtrador y la boca de la sardina monterrey (*Sardinops sagax*) y la anchoveta norteña (*Engraulis mordax*) en ejemplares de 60 a 200 mm y 30 a 125 mm de longitud estándar respectivamente. Se analizó la variación de cada variable a lo largo del desarrollo ontogénico de cada pez, realizándose comparaciones entre ambas especies. Las

características del aparato filtrador mostraron diferencias significativas entre ambos peces, aproximadamente a partir de los 60 mm de longitud estándar. La anchoveta tiene una boca relativamente grande y con dientes. Los arcos branquiales poseen branquiespinas relativamente largas y cuyo número aumenta hasta aproximadamente los 60 mm de longitud estándar y luego se vuelve constante. En la anchoveta las branquiespinas poseen espaciamentos mayores que en la sardina (para tallas similares), y presentan denticulos de longitudes, distribución y orientación variables. La sardina tiene una boca de tendencia tubular, sin dientes y de menores dimensiones. Los arcos branquiales presentan branquiespinas más numerosas que en la anchoveta, menos espaciadas, y con denticulos de tallas y distribución regulares. Se encontraron evidencias de que la anchoveta está adaptada para filtrar partículas de tallas relativamente mayores, así como un mayor volumen de agua por unidad de tiempo. En cambio la morfología de alimentación de la sardina parece tener una selectividad más orientada hacia las partículas más pequeñas. Concluimos que la sardina monterrey y la anchoveta norteña presentan capacidades de aprovechamiento del alimento disponible potencialmente diferentes. Con base en estas conclusiones se puede afirmar que difícilmente podría ocurrir desplazamiento competitivo entre estas especies. Por otra parte se puede plantear una hipótesis de una asociación lógica entre las condiciones climáticas, la disponibilidad de plancton y la abundancia de sardina y/o anchoveta. Si al predominar condiciones climáticas cálidas, la biomasa de zooplancton fuera reducida, serían más abundantes los taxones de plancton de tallas relativamente pequeñas, lo cual favorecería a la sardina. Mientras que un régimen climático más frío, llevaría a una mayor biomasa de zooplancton y favorecería a la anchoveta. Estas diferencias en el alimento disponible se verían reflejadas como variaciones en la fecundidad relativa y así afectarían la producción de la población.

LA PESCA Y EL MEDIO AMBIENTE EN EL ALTO GOLFO

Oscar A. Pedrín O.

Centro Regional de Investigación Pesquera de Ensenada, Instituto Nacional de la Pesca, SEMARNAP, Sauzal de Rodríguez, Baja California, México.

En el año de 1991 se presentó una severa crisis en la pesquería del camarón del Pacífico que se manifestó con rasgos intensos en el alto Golfo de California. En ese mismo tiempo, en víspera de la reunión de Río, cobró su mayor fuerza el embargo atunero y la demanda de protección hacia los mamíferos marinos que incluyó a la vaquita marina (*phocoena sinus*). De estas demandas de protección se derivó la reserva del alto Golfo de California y Delta del Río Colorado. La crisis pesquera, además, fue determinada por las manifestaciones de la crisis económica y el resultado de los cambios de las políticas de fomento hacia las pesquerías. Dentro de las actividades económicas que inciden en la región del Golfo de California se encuentran la agricultura y la pesca, pero se considera que la pesca es la causante mayor de alteraciones ambientales. Se

considera que la acción de la variabilidad ambiental independiente de la actividad económica también ejerce su efecto y esto hace difícil separar los grados de efecto. Entre los casos mas visibles de alteraciones ambientales se encuentran la vaquita y la totoaba y así mismo la comunidad demersal, en el área de impacto de la flota camaronera.

DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO DE LAS COMUNIDADES PESQUERAS DEL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA

Lilia Alemán Ramos¹ y Arnulfo Ochoa Sánchez²

¹ Centro Regional de Investigación Pesquera de Ensenada, Instituto Nacional de la Pesca, SEMARNAP, Sauzal de Rodríguez, Baja California, México.

² Universidad Pedagógica Nacional, Unidad Tijuana, Baja California, México.

Previo la instauración de la *Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California* se llevó a cabo una evaluación cuyos objetivos de investigación buscaban identificar las repercusiones sociales del cierre del Alto Golfo a la actividad pesquera. Los resultados más sobresalientes fueron: La explotación de la totoaba posibilitó el desarrollo económico de la región, localmente se le asigna un valor social destacable frente a otras especies protegidas; El auge económico regional se agota debido al crecimiento de la flota pesquera, la reducción de los volumenes de captura, aumento de los costos de producción y una práctica administrativa irregular; La crisis económica y desestructuración de las sociedades cooperativas empeora las condiciones de trabajo de los pescadores; Se observa un crecimiento sustancial de la flota ribereña; Los habitantes del Alto Golfo son portadores de una cultura pesquera tan importante como sus recursos naturales; La Reserva de la Biosfera impone una nueva forma de trabajo; Las industrias turística y maquiladora constituyen una alternativa limitada de desarrollo pues la pesca representa aún una fuente real de crecimiento económico, empleo y beneficio social.

COMPORTAMIENTO ESTACIONAL DE DIFERENTES REGIONES DENTRO DEL GOLFO DE CALIFORNIA A PARTIR DE INFORMACIÓN SATELITAL DE CONCENTRACIÓN PIGMENTARIA (CZCS) Y TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR (AVHRR)

Juan Pedro Arias Aréchiga¹, Salvador E. Lluch Cota², Saúl Álvarez Borrego³ y Daniel B. Lluch Cota²

¹ Universidad Autónoma de Baja California Sur

² Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

³ CICESE

El estudio del medio marino en el Golfo de California resulta relevante debido, entre otros factores, a la presencia de altos niveles de concentración fitoplanctónica que soportan grandes poblaciones animales entre las que destacan, por su importancia económica, recursos pesqueros masivos como la sardina monterrey y el calamar. Los trabajos encaminados a la

implantación de programas de manejo ambiental y a la explotación óptima de recursos pesqueros dependen, en gran medida, de la identificación de fenómenos oceanográficos en la mesoescala y su variabilidad espacio-temporal. Estos estudios han encontrado su principal limitante en la disponibilidad de datos oceanográficos suficientes. Como una fuente de información complementaria la implantación de sensores remotos permite, además de ampliar la cobertura geográfica, el muestreo sincrónico de variables de importancia ecológica. Para el presente trabajo, se extractaron los foteles correspondientes al Golfo de California de las composiciones mensuales regionales de concentración de pigmentos fotosintéticos (CZCS) y temperatura superficial del mar (AVHRR) de la base "USA_NASA_JPL_PODAAC_A005 ver 1". Las composiciones mensuales fueron transformadas a matrices numéricas y se promediaron por mes del año para construir patrones anuales por fotel. Con la finalidad de reconocer los diferentes tipos de estacionalidad dentro del Golfo se realizó un agrupamiento por conglomerados de los patrones por fotel y, una vez identificadas las cuatro principales regiones en la mesoescala, se calculó el comportamiento tipo como el promedio de los patrones anuales de los foteles incluidos en cada región y se graficaron los pixeles individuales en una serie anual. Entre los resultados más notables se encuentran la fuerte estacionalidad de la zona más norteña y una homogenización, tanto en pigmentos como en temperatura, durante los meses de verano en contraste con la mayor diferenciación de las regiones durante la parte invernal del año.

HÁBITAT DE DESOVE DE LA SARDINA MONTERREY EN EL GOLFO DE CALIFORNIA EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL Y LAS SURGENCIAS: EL COLAPSO PESQUERO DE 1990-1992

Daniel B. Lluch-Cota, Salvador E. Lluch-Cota y Daniel Lluch-Belda

Grupo de Pesquerías, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., Km. 1 Carret. San Juan de la Costa, El Comitán, A.P. 128, La Paz, B.C.S., México

La pesquería de sardina del Golfo de California representa uno de los mayores retos para la investigación científica regional debido a las grandes variaciones en las capturas en periodos cortos, 300,000 a 10,000 tons en dos años. Entre las hipótesis más recurridas para comprender estas variaciones se encuentra el efecto atribuido a la actividad pesquera sobre los niveles poblacionales; sin embargo, la variabilidad ambiental como fuente de variación de la magnitud del desove y, por lo tanto, del tamaño de la población representa una alternativa que, a juzgar por resultados obtenidos en el estudio de otras pesquerías similares, vale la pena abordar. En el presente trabajo, se explora la relación entre la actividad de surgencia, según un índice construido para la región de Topolobampo, Sin. y la temperatura superficial del mar, a partir de la base de datos COADS, y la extensión de desove de sardina monterrey, derivada del porcentaje de estaciones positivas para huevos y/o larvas. Para

representar esta relación se construyó una superficie de respuesta expresada como la probabilidad de desove para la combinación de ambas variables ambientales. A partir de las series de tiempo de ambas variables ambientales se construyó una serie, 1970-1994, indicadora de hábitat disponible para el desove a partir del producto de las probabilidades individuales de desove para cada variable. La superficie resultante sugiere un "domo" de condiciones óptimas con cierto grado de efecto compensatorio entre variables: a valores extremos de una, sean bajos o altos, es posible registrar valores aceptables de extensión del desove si la otra se encuentra en valores óptimos (intermedios). La serie de tiempo generada refleja predictivamente las posibles causas del colapso pesquero de 1990-1992 como una disminución importante del hábitat de desove desde 1986 y hasta 1992. De manera adicional, la serie muestra un aumento en el hábitat disponible después de 1992, lo que coincide con información no publicada sobre una recuperación de las capturas en años recientes.

UN ESTUDIO DEL ÁREA DE DESOVE DE LA ANCHOVETA NORTEÑA (*ENGRULIS MORDAX*) EN EL GOLFO DE CALIFORNIA DE 1990-1994, USANDO IMAGENES POR SATÉLITE DE TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL

Yanira A. Green Ruiz^{1,3} y Alejandro Hinojosa Corona²

¹ Instituto Nacional de la Pesca, CRIP, Mazatlán, A.P. 1177, Mazatlán, Sin, México.

² Depto. de Geología, CICESE, Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., México

³ Depto. de Ecología, CICESE, Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., México

Se analizó la influencia de la temperatura del agua sobre la distribución y abundancia de huevos de la anchoveta norteña en el Golfo de California. Datos de la temperatura superficial del mar (TSM) fueron combinados con los análisis de patrones espaciales de los huevos planctónicos en cinco cruceros realizados durante 1990 a 1994, durante la temporada de desove de la anchoveta norteña. Se empleó un Sistema de Información Geográfica para analizar tanto los datos de los cruceros como las imágenes por satélite de TSM. El área principal de desove para la anchoveta norteña en el Golfo de California se encuentra entre el punto norte de Isla Angel de la Guarda y aproximadamente 30 millas al sur de Isla Tiburón, y todo el ancho del Golfo. Sobre la costa occidental del estado de California, EUA, la anchoveta norteña desova en temperaturas entre 11.5 y 17°C, pero en el Golfo de California temperaturas entre 15 y 17°C son preferidas. Con las imágenes por satélite pudimos relacionar los patrones de masas de agua y frentes térmicos con la distribución y abundancia de los huevos de la anchoveta norteña.

CULTIVO DE OSTRAS PERLERAS Y PRODUCCIÓN DE PERLAS EN BAHÍA DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Mario Monteforte

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., Km. 1
Carret. San Juan de la Costa, El Comítán, A.P. 128, La Paz, B.C.S.,
México

La producción de perlas, a partir del cultivo extensivo de varias especies de Ostras Perleras, géneros *Pinctada* y *Pteria*, es actualmente una de las industrias acuícolas de mayor rentabilidad en el mundo. En este contexto, el potencial que posee México es indiscutible. La costa mexicana alberga cuatro especies productoras de perlas: *Pinctada radiata* y *Pteria colymbus* en el Mar Caribe, y *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna* en la costa del Pacífico. El Golfo de California, particularmente la Bahía de La Paz, es donde la riqueza perlera ha sido tradicionalmente la más importante. La Paz y sus costas vecinas fueron durante largo tiempo uno de los principales centros perleros del mundo, hasta que la pesca intensiva e irracional agotó casi por completo los bancos naturales. Después de casi un siglo que ha durado la ausencia de México en el mercado perlero internacional, tras la destrucción de la "Compañía Criadora de Concha y Perla de Baja California" en 1915, primera experiencia mundial en el cultivo comercial de una especie productora de perlas, se cuenta actualmente en La Paz con adelantada y eficiente tecnología propia de nacaricultura y perlicultura, que colocan a México en un lugar preponderante en el mundo perlero. Esta situación permite vislumbrar un prometedor desarrollo socioeconómico, basado en la construcción y operación de granjas perleras regionales que exploten en forma racional y conservacionista un recurso que debiera ser considerado como Patrimonio Estratégico Nacional. Las actividades de perlería, llevadas a cabo bajo una cuidadosa planeación y ordenamiento que las hagan accesibles, confiables y atractivas al sector productivo mexicano, podrían incidir directa y positivamente a nivel local y regional, con profundas implicaciones a nivel nacional. En este trabajo presentaremos un análisis de la situación que prevalece en el mundo en relación al cultivo de Ostras Perleras y la producción de perlas, bajo el contexto de la planeación y ordenamiento de granjas perleras, como modelo ampliamente factible de desarrollo socioeconómico con enorme potencial, que podría ser aplicado en numerosas regiones de la costa mexicana.

DINÁMICA POBLACIONAL DEL CALAMAR GIGANTE *DOSIDICUS GIGAS* EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

Unai Markaida y Oscar Sosa-Nishizaki

Depto. de Ecología, CICESE, Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada,
Ensenada, B.C. México.

El calamar gigante, *Dosidicus gigas*, es el recurso cefalópodo más importante de México. Su pesquería se inició en 1974 y ha presentado fuertes fluctuaciones debido tanto a la disponibilidad del recurso como al esfuerzo pesquero. En los

últimos tres años se han realizado las mayores capturas de esta especie en el Golfo de California alrededor de 40,000 tons por año. La mayor parte de la pesquería se realiza en la parte central del golfo, donde el calamar se concentra frente a Santa Rosalia en verano y otoño y frente a Guaymas en invierno y primavera. Actualmente la biología de este recurso no está suficientemente conocida. El objetivo de esta investigación es el caracterizar las estructuras por edades y tallas, los estadios de madurez, hábitos alimenticios y las variaciones espacio-temporales de los organismos capturados en la pesquería. Con base en esta información se pretende comprobar los patrones migratorios de la especie sugeridos anteriormente en el golfo. Para alcanzar este último objetivo es necesario adquirir información de los parámetros físicos y biológicos que determinen la abundancia y distribución del calamar gigante en esta región.

ACRECENTAMIENTO DE ARRECIFES NATURALES Y ARTIFICIALES PARA PESCA RECREACIONAL Y ARTESANAL EN SAN FELIPE, B.C., MÉXICO

A. Escofet, J.C. Burgueno y L.E. Calderon-Aguilera

Departamento de Ecología, CICESE, Km 107, Carret. Tijuana-
Ensenada, Ensenada, B.C. México.

Se realizó una prospección de pesca y buceo en condiciones climáticas y oceanográficas extremas, invierno 1991, para determinar la factibilidad de acrecentar dos arrecifes naturales. Roca Punta Estrella y Roca Shanghai, y uno artificial Barco hundido "Tlaloc", en la Bahía de San Felipe, B.C., México. El buceo fue obstaculizado y la pesca con anzuelo y agallera fue limitada en tiempo. En Punta Estrella y Roca Shanghai se capturaron nueve especies de peces con anzuelo y red agallera. La cabrilla pinta, *Paralabrax maculatofasciatus*, fue la más abundante y capturada exclusivamente con anzuelo. Con la red agallera, el roncador *Cheilotrema saturnum* fue el más importante; sólo la curvina de boca naranja, *Cynoscion xanthurus*, se capturó con ambas artes de pesca. La pesca en el barco hundido no fue positiva debido a la hora empleada 13:00 hrs, y a las condiciones ambientales. La pesca con red agallera solo fue posible en Punta Estrella. Registros de vientos por 10 años revelaron que las velocidades durante la prospección fueron muy altas, 4.5 Beaufort, las mareas vivas fueron las más altas de 1994, la corriente de marea fue intensa, no obstante la turbidez fue típica de invierno. Se determinó que los arrecifes de Punta Estrella y el barco hundido son factibles de acrecentar; Roca Shanghai no fue recomendado por la poca profundidad, cercanía con la costa y los sedimentos en suspensión que podrían azolver prematuramente las estructuras.

OCEANOGRAFÍA FÍSICA

COMPARACIÓN DE OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS COSTERAS Y MARINAS DE LA REGIÓN NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Leal-Lupercio, J.C. y M.F. Lavín

Depto. de Oceanografía Física, CICESE, Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., México

Se comparan observaciones meteorológicas realizadas simultáneamente en San Felipe, B.C. y en el centro de la región norte del Golfo de California, durante el periodo del 9 de diciembre de 1994 al 21 de enero de 1995. La información de costa obtenida a 1.5 km tierra adentro, influenciada por la presencia física de la Sierra Kila, Punta Machorro, árboles y casas de esa zona árida, muestra pronunciadas fluctuaciones diurnas. En contraste, los datos de mar no muestran una influencia significativa en la frecuencia diurna. Además, el calentamiento diferencial tierra-mar y la orografía en cada región producen un sistema importante de brisas y efectos locales sobre la costa. Se exploran tres modelos que relacionan linealmente la diferencia de la rapidez del viento a través de la zona costera propuestos por Hsu (1981; 1986). Se encuentra que la temperatura del aire, la humedad relativa y la magnitud del viento medidos en San Felipe, B.C., están subestimados por un factor de 1.01, 1.04 y 2.57 respectivamente, en comparación con el forzamiento atmosférico mar adentro.

ESTUDIOS NUMÉRICOS EN EL GOLFO DE CALIFORNIA: UNA ORIENTACIÓN POR OBJETOS

José Gómez Valdés¹ y Jesús Favela²

¹ Depto. de Oceanografía Física, CICESE, Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., México.

² Programa de Ciencias Computacionales, CICESE, Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., México.

En el Golfo de California, las observaciones de campo de los procesos físicos han mejorado significativamente en los últimos años, lo cual representa una buena oportunidad para realizar una cuidadosa verificación de modelos del océano costero aplicados a cuencas semi-cerradas. Simular las corrientes barotrópicas a través del estrecho del golfo, por ejemplo, es recomendable. En este estudio, simulaciones de la dinámica del transporte verticalmente integrado son ejecutadas en un ambiente orientado a objetos. El sistema consiste de cuatro modelos numéricos, donde cada modelo es verificado usando una clase simple cuya definición consiste de los parámetros del modelo y de los métodos numéricos. Después, se usan herencias para obtener el modelo de objetos. En un ambiente orientado a objetos, la comparación entre modelos es inmediata. Nuevas instancias, por ejemplo, la inclusión de más procesos físicos en los cuatro modelos o la inclusión de más modelos en el sistema, pueden adherirse sin alterar el núcleo del programa y como extensiones de los objetos ya definidos. Los resultados del

campo de elevaciones se acercan satisfactoriamente a los valores medidos a lo largo del golfo. Se examina el transporte barotrópico a través del estrecho.

UNA SIMULACIÓN NUMÉRICA SOBRE LA FORMACIÓN DE MASAS DE AGUA EN LA PARTE NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Manuel López

Depto. de Oceanografía Física, CICESE, Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., México

Se realizó una simulación numérica utilizando batimetría, hidrografía de invierno y forzamientos, viento, flujos de calor y de agua, correspondientes a la parte norte del Golfo de California. Como resultado del enfriamiento y la evaporación, el agua en las regiones someras incrementa su densidad y se hunde. A profundidad, el agua de origen superficial se mueve ciclónicamente alrededor de la cuenca. En la parte norte del golfo, la salinidad decrece con la profundidad, y las aguas de origen superficial se identifican fácilmente por sus valores altos de salinidad y temperatura. El hundimiento a profundidades de 75 m ocurre fundamentalmente a lo largo de la plataforma continental nororiental que tiene pendientes relativamente suaves. Esta agua se mueve hacia la cabeza del golfo donde se hunde aún más debido a las pendientes más grandes en esa zona. El agua más densa que llega a la cabeza del golfo, se hunde hasta una profundidad de 115 m durante un forzamiento relativamente débil, unos 25 días después de terminados los eventos fuertes de forzamiento. A esa profundidad el agua viaja ahora hacia el sureste, a lo largo de la pendiente suroccidental (del lado de Baja California) a una velocidad de unos 8 cm/s. Agua de alta salinidad de origen superficial se logra detectar hasta profundidades de 230 m y hasta la punta norte de la Isla Ángel de la Guarda. El estado final de la simulación presenta fuertes frentes de fondo de temperatura y salinidad, los cuales tienen similitud cualitativa con observaciones. El incremento de salinidad produce un incremento de densidad que es como el 25% del incremento debido al enfriamiento. Sin embargo, el efecto del incremento de salinidad es significativo en producir aguas más salinas y más densas que se hunden a profundidades mayores.

EL PROYECTO PESCAR: UN REPORTE DEL ACTUAL ESTADO Y PLANES FUTUROS

Alfonso S. Mascarenhas Jr.¹, Reginaldo Durazo Arvizu¹,
Curtis A. Collins², Antonio Sanchez-Devora³

¹ Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC, Km. 103 Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., México.

² Naval, Postgraduate School

³ Estación Oceanográfica Ensenada, Secretaría de Marina

Con la finalidad de estudiar el intercambio de calor, sal y agua en la entrada del Golfo de California, el IIO/UABC inició en 1992 investigaciones en conjunto con la estación Oceanográfica de la Secretaría de Marina de Ensenada, y la

Naval Postgraduate School de Monterey, California, USA. Hasta la fecha se han realizado 8 cruceros oceanográficos en la entrada del Golfo de California. Los resultados de los cruceros 1 y 2 pueden ser resumidos como: "Las observaciones de transporte y corrientes en la entrada del Golfo de California en Abril y Diciembre de 1992 sugieren un flujo entrando en el Golfo a lo largo de Sinaloa y saliendo a lo largo de Baja California. Los transportes variaron de 5 a 10 Sv y las corrientes en la superficie excedieron los 30 cm/s; valores de 10 cm/s fueron observados a profundidades de hasta 1000 m. Los valores de la corriente geostrofica muestran una buena concordancia con aquellos observados. La salinidad en los 300 m de la capa superior es más alta en el lado de Baja California indicando modificación del Agua Subsuperficial Subtropical así como la presencia de Agua del Golfo. El minimo de salinidad asociado a la Agua de Corriente de California fue encontrado a 50 m en la forma de nucleos angostos que solamente pueden ser mejor observados con lances de CTD menos espaciados. Los flujos de calor y sal en la capa superior de los 300 m, fueron estimados en 0.6×10^{12} W y 310 tons/s ambos hacia fuera durante mayo y 1.7×10^{12} W hacia dentro y 180 tons/s hacia fuera durante diciembre. Los datos de todos los cruceros se encuentran en fase de procesamiento, y los resultados del crucero PESCAR 5 estan siendo presentados en separado en este mismo coloquio. Se pretende continuar los estudios en la entrada del Golfo a través de proyectos de apoyo.

CIRCULACIÓN GEOSTRÓFICA EN LA REGIÓN NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Laura Elena Carrillo Bibriezca

Depto. de Oceanografía Física, CICESE, Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., México.

Se realizan cálculos de velocidad geostrofica en la Región Norte del Golfo de California (RNGC), utilizando información hidrográfica de 1939 a 1995. Los cálculos de velocidad geostrofica se aplican sobre la superficie del área de la RNGC y sobre cortes transversales, utilizando 70 m como nivel de no movimiento para los cálculos en el plano horizontal y el fondo en el vertical. La circulación geostrofica encontrada es estacional; en primavera no se distingue ningún patrón de circulación; mientras que en verano, la señal en forma de un giro ciclónico sobre el centro de la RNGC, es fuerte y clara, presentando las mayores velocidades encontradas durante el año (~ 0.11 m/s). Al iniciar el otoño el patrón de circulación se invierte, observándose un giro anticiclónico sobre la región de Cuenca Delfin, con magnitudes de la velocidad menores a las encontradas en verano (hasta un orden de magnitud menor, ~ 0.03 m/s). Conforme se avanza a condiciones de invierno, el patrón anticiclónico se muestra débil y no claro, debido a que prevalecen condiciones barotrópicas sobre la capa superficial de esta región. Los eventos El Niño parecen cambiar el patrón de circulación en la RNGC durante el invierno, sin embargo, la forma en que la circulación es afectada no parece seguir un patrón. Se propone un modelo conceptual de la circulación para la RNGC con base en los resultados encontrados en este trabajo,

y en las recientes modelaciones numéricas sobre esta región.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE OBSERVACIONES DE CORRIENTES Y TEMPERATURA EN LA PARTE NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Cuauhtémoc Turrent Thompson y Manuel López Mariscal
Depto. de Oceanografía Física, CICESE, Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., México

Se analizaron 15 días de datos de corrientes y temperatura muestreados por seis instrumentos anclados en la parte norte del Golfo de California, durante el verano de 1990. El anclaje se localizó al este de la Isla Ángel de la Guarda, sobre 440 m de profundidad, e incluyó correntímetros a 75, 110, 150, 250, 350 y 428 m. El flujo medio en los primeros 150 m fue hacia la boca del golfo, y hacia la cabeza en los instrumentos más profundos. Las fluctuaciones de la corriente están fuertemente alineadas con el eje longitudinal del golfo, y la desviación estándar en esa dirección es de dos a cuatro veces mayor que en la dirección transversal al golfo. La corriente fluctuante esta dominada por las mareas semidiurnas, y las elipses componentes de la banda semidiurna aumentan ligeramente en magnitud y excentricidad con la profundidad. La forma, tamaño y sentido de rotación de las elipses componentes de las frecuencias diurna e inercial, así como la disminución hacia el fondo de la energía de esa banda en los espectros vectoriales, sugieren la existencia de una superposición de oscilaciones inerciales con el flujo inducido por la marea diurna. Todos los modos empíricos calculados presentaron una estructura baroclinica con excepción del primer modo empírico de la velocidad a lo largo del golfo (v). La estructura vertical de este modo es completamente barotrópica, explica el 85% de la varianza de la corriente longitudinal al golfo y está asociada a las mareas semidiurnas. El segundo modo empírico de v, así como el primer y segundo modos de la temperatura, también resultaron importantes, explicando el 8.4%, 50% y 27% de la varianza de sus campos, respectivamente. El comportamiento temporal de estos modos casi no presenta energía en la banda diurna, pero sí presenta energía significativa en la banda semidiurna y en la de su primer armónico (M4). La presencia de picos significativos en las frecuencias semidiurnas y en la frecuencia M4, asociados a una estructura baroclinica de los campos de velocidad y temperatura, sugiere la existencia de una marea interna.

PROYECTO DE MODELACIÓN TRIDIMENSIONAL DE TODO UN PROCESO ANUAL DE LA CIRCULACIÓN BAROCLÍNICA EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

Noel Carbajal
Tijberg 2, 2716 LH, Holanda

El Golfo de California es probablemente la única parte de los mares de México que reúne actualmente las condiciones necesarias para el estudio hidrodinámico-numérico de todo un proceso anual de la circulación baroclinica. Las razones son las

siguientes: la cantidad de datos hidrográficos actual, seguramente permitiría alimentar satisfactoriamente a un modelo tridimensional de 15 a 20 niveles. Los flujos de calor entre la superficie del Golfo de California y la atmósfera han sido estimados en los últimos años. Existe ya un modelo tridimensional, el cual considera descargas de agua dulce, flujos de calor océano-atmósfera, forzamientos debido al viento y mareas. El modelo es apropiado para regiones con grandes cambios batimétricos. Además existen varios grupos dedicados al estudio de la física del golfo. Este factor es importante, puesto que la inmensa tarea que representa la preparación y simulación de todo un proceso anual, requiere una estrecha colaboración entre varios grupos o gentes. La información obtenida sería igualmente inmensa y tendría muchos beneficios prácticos. Los resultados podrían, por ejemplo, usarse en estudios biológicos como el transporte de larvas y en la pesca por su relación con las surgencias de agua. El gran número de fenómenos físicos involucrados daría cabida a la realización de tesis de maestría y doctorado. Creo que una empresa de esta envergadura debiera ser considerada en los próximos 10 años. Las razones para la realización de este proyecto se discuten en este trabajo. Con el fin de mostrar la eficacia y logros, se dan algunos ejemplos de la aplicación muy satisfactoria del modelo tridimensional empleado en diversas investigaciones de la circulación en el Golfo de California.

GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA E IRRIGACIÓN DEL DESIERTO DE ALTAR

Jose Luis Siller Franco
SILLER Y ASOCIADOS, México, D.F.

Aprovechamientos potenciales de la energía hidrocinética, que portan las corrientes de mareas del extremo norte del Golfo de California: Con el extraordinario diferencial de mareas, que llega a alcanzar los 10.0 m, en el extremo Norte del Golfo de California, se inunda una superficie de marismas superior a los 1,000 Km², que con un tirante medio de 5.0 m, forman un embalse del orden de los 5,000'000,000 de metros cúbicos, que divididos entre las 6:12 horas que teóricamente toman el flujo o el reflujo, arrojan un gasto medio de 225,000 m³ seg⁻¹, y un máximo de 450,000 m³ seg⁻¹, enorme torrente varias veces superior a la suma de los gastos de todos los ríos del mundo juntos; caudal, que por definición, en ciertas zonas debe moverse a velocidades de varios metros por segundo, y por tanto portar una gran carga hidrocinética que puede ser aprovechada económicamente a través de módulos motrices que pueden accionar a generadores de diversos tipos de energía, como pueden ser los eléctricos, bombas, compresores, etc. El módulo convertidor motriz más elemental que puede existir para el efecto, es el de una hélice sumergida, cuyo eje permanezca siempre enfilado con dirección de la corriente: tal dispositivo pudiera estar cimentado en el fondo, o bien suspendido de un cuerpo flotante anclado al propio lecho marino, mediante unos tirantes, que con la holgura necesaria, partan de sus extremos anterior y posterior, que le permitan quedar siempre alineado

con ambos sentidos de la corriente, y tomar los diferenciales de altura de marea. Desde luego la segunda alternativa es la más viable y económica. El diseño de tal módulo motriz, obviamente deberá ser el óptimo que resulte, de acuerdo con la velocidad de la corriente, y de las condiciones del sitio elegido; en principio la hélice sería de paso fijo; su diámetro, para efectos prácticos, pudiera variar entre los 5.0 y los 20.0 m, y la proyección de sus palas, cubriría toda la sección circular. Dichas palas pueden ser fabricadas de cualquier material adecuado, como metal, madera o plástico con alma metálica o concreto aligerado reforzado, recubierto con una capa de neopreno o de algún otro material resistente a la abrasión. Este último material se propone para las de gran tamaño, mismas que se pueden fabricar próximas al sitio de instalación. En uno de los extremos de la flecha de la hélice, será siempre posible conectar, directa o a través de un mecanismo de transmisión, al generador eléctrico, a la bomba, al compresor, etc., que se pretenda accionar con esta fuerza motriz, mismo que pudiera quedar instalado sobre la cubierta del cuerpo flotante, o también sumergido. La generación directa de energía eléctrica, a partir del presente tipo de energía disponible, no es práctico, porque las velocidades de las corrientes parten de cero, llegan a un máximo siguiendo una curva que dependerá de las características del lugar, y al terminar el flujo o el reflujo, llegarán nuevamente a cero, para que un nuevo ciclo semejante se inicie en sentido contrario. Por lo tanto, y para el caso particular de la zona del Golfo de California que nos ocupa, la mejor manera para convertir a la hidrocinética en eléctrica a régimen comercial constante, consiste en acoplar directamente a la flecha de la hélice de cada módulo motriz, una bomba impulsora de pistones radiales conectados a un anillo tubular del mismo diámetro exterior de la tal hélice, del que mediante una condición flexible, el agua así bombeada, pasa a una de las ramas de un árbol de tuberías sumergidas, cuyo tronco conducirá al producto del grupo de módulos, hasta un vaso regulador localizado en la serranía costera de San Felipe o en la de Las Pintas, del que se alimentaría una hidroeléctrica común a régimen constante. A efecto de irrigar miles de hectáreas de tierras aptas que existen vírgenes en el Desierto de Altar en el colindante Sonora, se emplearía un procedimiento similar de bombeo y conducción del agua salada hasta varias decenas de kilómetros tierra adentro, extrayendo derivaciones a campos en donde se aplique la conocida técnica de desalado mediante evaporación solar, en una región en donde el asoleamiento es muy intenso a todo lo largo del año. Dado que en ambos casos se estaría utilizando una fuente de energía gratuita, de permanencia ilimitada, y la reciente legislación mexicana sobre la materia, permite la concesión a particulares para su aprovechamiento, en el momento presente se requiere contar con los estudios que permitan conocer la potencialidad probable de las mejores zonas costeras de dicho Golfo, y por consiguiente la elaboración de los ante-proyectos iniciales en los que se basarían las respectivas promociones de inversionistas. Para la generación de energía eléctrica, la legislación mencionada es muy clara, e indica que tal energía se vendería únicamente a la Comisión Federal de Electricidad; y para el caso de la irrigación, tal vez el cliente fuera la Comisión Nacional del Agua, aunque tal legislación pudiera ser adaptada para que los concesionarios

la pudieran vender directamente a los usuarios, ya deslavada, o sin tratamiento, para que éstos la desalen a su conveniencia. Pueden existir varias otras alternativas, entre las que se pudiera mencionar, la de la asociación de vecinos consumidores, que instalen y operen su propia infraestructura. Como es lógico suponerlo, para el asunto de la irrigación del Desierto de Altar, se requeriría también el consiguiente estudio de potencialidad agrícola, pecuaria, piscícola, salinas, etc., a fin de determinar los cultivos o actividades más rentables para ésta enorme región a la que con este regalo de la hidrocínética que le ha hecho la Naturaleza, se le abren nuevos horizontes, que finalmente habrán de favorecer a todo el País. En virtud de que desconozco las características oceanográficas de la zona, y tan sólo supongo que las corrientes de mareas son muy intensas, a efecto de establecer un punto de partida que permita fijar las bases para los aprovechamientos anotados, a continuación se calcularán las potencias y rpm respectivas que se obtendrían de hélices de paso fijo, de 20.0 m. de diámetro, constituidas por ocho palas con 45° de ángulo de ataque, y cuya proyección cubra toda la sección. Para dichos cálculos, consideré, el que dada la condición reversible de las corrientes, tanto en el flujo como en el reflujo, se parte de velocidad 0.0, y considerando que ambas velocidades serían iguales, y sus incrementos lineales, resulta en términos generales, que la eficiencia de éstas es en promedio del 0.28. La fórmula que se estableció para el cálculo de la potencia, es el siguiente:

$$Kh = 0.008 p D^2 V^3 E \quad (1)$$

donde

kh = energía hidrocínética en KW

p = densidad del agua del mar

D = diámetro de la hélice en m

V = velocidad de la corriente en m. seg⁻¹

E = Eficiencia

Un módulo motriz tendría las siguientes capacidades en KW y en HP a las velocidades de giro que también se anotan, para E = 0.85, y p = 1.03.

VELOCIDADES DE CORRIENTE

De	1.0m seg ⁻¹	1.5m seg ⁻¹	2.0m seg ⁻¹	2.5m seg ⁻¹	3.0m seg ⁻¹
20.0m	2.80 KW	9.46 KW	22.41 KW	43.78 KW	75.64 KW
	3.75 HP	12.68HP	30.04 HP	58.69 HP	101.40 HP
	1.06 rpm	1.59 rpm	2.12 rpm	2.65 rpm	3.18 rpm

NOTA: Estos cálculos se refieren a las velocidades máximas de las corrientes en el sitio de instalación. Se considera que la bomba impelente y las conducciones, tienen una eficiencia conjunta de 0.95, y que para el caso de la planta hidroeléctrica, ésta sería de 0.8, tomando en cuenta las pérdidas de agua por infiltración y evaporación. Ante los anteriores resultados, se puede concluir, el que a menos de que en zonas costeras de la Baja California, con isóbatas de -22.0 a -30.0 m, existan velocidades máximas de corrientes superiores a los 3.0 m seg⁻¹, sería antieconómica su instalación; pero para el caso de la irrigación del Desierto de Altar, cada bomba podrá entregar un gasto medio de 154 lts seg⁻¹, hasta la elevación +50.0 m,

instalado en una velocidad máxima de corriente de 3.0 m seg⁻¹. Como estimación preliminar conservadora, considero que un módulo para bombeo, instalado, pudiera tener un costo de 135,000 Dlls., al que habría que agregar el de la infraestructura de tuberías de conducción y el de los campos de desalado.

RESPUESTA RESONANTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA A ONDAS LARGAS DE MAREMOTOS

Francisco J. Sandoval¹ y Salvador F. Farreras²

¹ Department of Oceanography, Florida State University, Tallahassee, Florida, USA.

² Depto. de Oceanografía Física, CICESE, Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., México.

Se analiza la influencia de la batimetría y la forma del contorno en la respuesta resonante del Golfo de California a ondas de tsunamis de varias frecuencias y direcciones de incidencia. La distribución de amplitudes de onda a lo largo de la costa y en el interior de la cuenca, se obtiene de una forma matricial discreta (aproximada) de la solución integral de Weber a la ecuación bidimensional de Helmholtz para un fluido no-viscoso irrotacional. Se ajustan 420 segmentos rectos al contorno real, y el interior del dominio se cubre con una red de solución de 350 puntos. Los resultados muestran un desplazamiento hacia frecuencias bajas en la respuesta de amplitud relativa, don dos máximos bien definidos aumentando en magnitud, a medida que la orientación de los frentes de onda incidentes varía de normal a paralela a las costa del Golfo. Los patrones de isoclinas para las amplitudes relativas de las dos frecuencias de máximos con los típicos unimodal y bimodal del primero y segundo modos armónicos de oscilaciones transversales. Estos dos modos corresponden también a las frecuencias más exitadas por cuatro tsunamis recibidos previamente en las costas del Golfo, de acuerdo a los espectros de energía de sus registros. Un tercer máximo que aparece en las soluciones teóricas y en los espectros, fue identificado anteriormente como un modo resonante de la plataforma continental vecina a la boca del Golfo de California. Se comparan las soluciones para un fondo plano de profundidad media con las correspondientes a un fondo de profundidad variable ajustada cuadráticamente por mínimos cuadrados a la batimetría real del Golfo. Las soluciones para profundidad variable muestran más modos de oscilación en frecuencias bajas, con mucha amplificación en las bandas de marea diurna y semidiurna, pero no difieren sustancialmente con las soluciones para fondo plano en el rango de frecuencias de tsunamis. La amplificación resonante de estas frecuencias de mareas corresponde a la excitación de modos armónicos longitudinales en el Golfo, como han demostrado otros autores.

OBSERVACIONES LAGRANGIANAS DE CORRIENTES EN EL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA

Reginaldo Durazo¹, Miguel F. Lavín², Emilio Palacios²,
María Luisa Argote² y Laura Carrillo²

¹ Facultad de Ciencias Marinas, UABC, A.P. 453, Ensenada, B.C.,
22839, México

² Depto. de Oceanografía Física, CICESE, Km. 107, Carret.
Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., México.

Los estudios con modelos numéricos y aproximaciones geostróficas en el Alto Golfo de California han sugerido que la circulación consiste de un patrón reversible de giros, ciclónico en verano y anticiclónico en invierno. Durante septiembre 1995, cinco flotadores del tipo ARGOS/WOCE fueron liberados sobre cuenca Delfin. La deriva de los flotadores mostró la presencia de un giro ciclónico con velocidades del orden de los 30 cm/s. Cuatro de las boyas fueron recuperadas y lanzadas de nuevo en marzo 1996; en esta ocasión las trayectorias señalaron la presencia de un giro anticiclónico pero desplazado hacia el NW respecto de la posición del giro de verano. La escala espacial de los giros observados fue de 80-100 km con un período de rotación de alrededor de 7 días. Las observaciones mostraron que el giro de verano es baroclínico, bien definido y muy estable mientras que el de invierno mostró características tanto baroclínicas como barotrópicas. El análisis de datos hidrográficos históricos sugieren que el giro observado en septiembre es una estructura permanente del verano. La situación para el invierno permanece todavía indefinida y está siendo objeto de investigaciones.

CIRCULACIÓN ANUAL EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

Emilio Beier y Pedro Ripa

Depto. de Oceanografía Física, CICESE, Km. 107, Carret. Tijuana-
Ensenada, Ensenada, B.C., México.

Las elevaciones del nivel del mar obtenidas a partir de estaciones mareográficas costeras y el flujo horizontal del calor calculado a partir de datos hidrográficos históricos en el Golfo de California son reproducidas satisfactoriamente con un modelo lineal de dos capas en la frecuencia anual. La parte principal de la dinámica obtenida se puede explicar por medio de una onda interna atrapada a la costa que se propaga a lo largo de toda la costa del golfo. Los forzamientos principales por medio de los cuales toda la variabilidad es explicada son: el esfuerzo del viento en la superficie del golfo y el Océano Pacífico que excita una onda interna en la boca. El calentamiento superficial, también considerado, tiene un efecto menor en la circulación total. La respuesta del golfo es similar a la observada, es decir, una capa superficial muy energética, con circulación ciclónica en verano y anticiclónica en invierno, comparada con una circulación débil y opuesta en la capa de fondo. Los resultados de la simulación muestran que la variabilidad transversal al golfo es tan importante como la longitudinal. En particular, en ambas estaciones del año se observa un giro bien definido en la parte norte del golfo, entre la cabeza y la región de las grandes islas.

HIDROGRAFÍA Y DINÁMICA DEL PACÍFICO TRANSICIONAL MEXICANO

Juan Manuel Lopez Bojorquez y Armando Trasviña

Depto. de Oceanografía Física, CICESE, Km. 107, Carret. Tijuana-
Ensenada, Ensenada, B.C., México.

Se obtuvo una climatología mensual de la región comprendida entre 105-112°W y 16-23°N, aplicando un algoritmo de interpolación óptima en datos históricos (1939-1990) de temperatura y salinidad. La base de datos proviene de la National Oceanographic Data Center (NODC); un 80% de los datos de temperatura son de batitermógrafos mecánicos y un 60 % de los de salinidad provienen de STD. Se obtuvieron mapas de temperatura y salinidad en 10 capas con una resolución espacial de 0.1x0.1 ; estas capas están comprendidas desde la superficie hasta los 600 m. Se calcularon velocidades geostróficas relativas a 550 m de profundidad para toda el área de estudio. Se calculó temperatura, salinidad y velocidad geostrófica en dos secciones verticales, una a lo largo de los 23°N, y otra, de Cabo San Lucas (CSL) a Cabo Corrientes. Se calcularon tendencias interanuales en cada capa. El valor máximo de tendencia interanual se encontró en la capa de los 55-85 m, con un valor de 2.34 C para los 51 años de datos. Se encontró la presencia de las siguientes masas de agua: Agua de la Corriente de California (ACC), Agua del Golfo de California (AGC), Agua Tropical Superficial (ATS) y Agua Subtropical Subsuperficial (AStSs). El ACC entra en la zona durante el periodo febrero-junio, con un máximo en el mes de junio. El AGC tuvo su mayor presencia hacia el exterior del golfo en los meses agosto y septiembre (verano), aunque puede decirse que su presencia en la zona es mínima. El ATS fluye del sureste durante el periodo septiembre-diciembre, alcanzando su máxima presencia en diciembre. El AStSs tuvo su mayor presencia durante verano y la mínima durante invierno. Los flujos geostróficos superficiales provenientes de la región tropical, presentan su mayor aporte durante verano y otoño. Durante invierno y primavera la mayor parte del flujo presente en superficie proviene de regiones templadas. Durante otoño (octubre y noviembre) se presenta un flujo de origen tropical, el cual fluye hacia el noroeste. Este flujo está presente al oeste de CSL y transporta aguas cálidas y salinas hacia latitudes altas. En la boca del Golfo de California se presentan dos flujos durante invierno, uno de salida al oriente de la boca y otro de entrada al occidente de la misma, patrón presente hacia finales de la estación. Durante primavera y verano el flujo es de entrada, el cual es debido principalmente al aporte del ACC en primavera y al aporte del AStSs en verano. Durante otoño el flujo de entrada es por el occidente de la boca y el de salida por el oriente de la misma.

ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA A PARTIR DE IMAGENES DE AVHRR

L. Soto M., A. Parés-Sierra y G. Marinone M.

Depto. de Oceanografía Física, CICESE, Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., México.

Catorce años, 1983-1996, de imágenes infrarojas de satélite son usadas para examinar la variabilidad de la temperatura superficial en la región del Golfo de California. Un estudio estadístico preliminar permite identificar patrones de temperatura superficial muy definidos, tanto en la parte norte, central y sur del golfo. En la zona norte se infiere a partir de perfiles de temperatura promediada transversalmente (y contornos espaciales), la formación de giros, los cuales varían su sentido estacionalmente. En la zona adyacente a las islas se encuentran mínimos de temperatura superficial en la mayor parte del año, haciéndose máximos en verano. La zona sur es muy compleja, caracterizándose por la formación de meandros y giros que se desplazan hacia el interior del golfo. Además, se encuentra una marcada diferencia de temperatura entre la cabeza y la boca del golfo. A partir de anomalías de temperatura en la serie de los catorce años se encuentra señales interanuales, las cuales son amplificadas en la parte norte de golfo. Análisis de funciones empíricas ortogonales (FEOs) fue aplicado a la secuencia de imágenes de mensuales de AVHRR. La estructura temporal de los dos primeros FEOs, describen un ciclo anual muy marcado, representando el primer modo un calentamiento y enfriamiento simultaneo en todo el golfo y el segundo una oscilación norte-sur. Además, se analiza para la secuencia de imágenes mensuales filtradas con filtro de paso bajo, encontrándose señales de tipo interanual.

COMPORTAMIENTO DE LOS CAMPOS HIDROGRÁFICOS Y FLUJOS DE CALOR Y MASA EN EL CANAL LAS BALLENAS

Rosario de Lourdes Romero Centeno y María Luisa Argote Espinoza

Depto. de Oceanografía Física, CICESE, Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., México.

La viariabilidad interanual y estacional de los campos hidrográficos en el Canal de Ballenas (CB) es analizado usando datos de 31 campañas oceanográficas; y tambien se discuten las diferencias que presenta con respecto a las regiones que lo rodean, regiones norte, este y sur. En el CB se observan únicamente aguas con temperaturas (T) $> 11^{\circ}\text{C}$ y salinidades (S) > 34.70 ups, debido a que el umbral ubicado en su extremo sur, umbral de San Lorenzo, cuya profundidad es de aproximadamente 400 m, impide el flujo de las masas de agua profundas de la región sur. Durante eventos de "El Niño" se observan variaciones notables en las características T-S del CB y las regiones adyacentes, que consisten en: a) temperaturas altas por lo menos en los primeros 200 m de la columna de agua, b) salinidades relativamente bajas en niveles superficiales,

y c) salinidades relativamente altas sobretudo en niveles subsuperficiales y profundos. La gran profundidad a la cual se observan algunas de estas anomalías en el CB y la región norte es sorprendente, además de que no concuerdan con la idea de una invasión anómala de la masa de Agua Superficial Ecuatorial hacia el interior del Golfo de California. El análisis de los datos hidrográficos indica que en el CB la mezcla vertical es más intensa que en las regiones adyacentes, siendo la responsable de mantener las temperaturas superficiales más bajas durante todo el año y transferir más rápida y eficientemente el calor hacia niveles subsuperficiales. Esto ocasiona que el calor almacenado en los primeros 200 m de columna de agua en el CB sea menor que en las regiones adyacentes, y que el desfase entre el ciclo anual de calentamiento superficial y en subsuperficie (aprox 50 m) sea mucho menor que el observado en las regiones norte y sur. También como resultado de esta transferencia vertical de calor, el CB presenta el menor rango anual de temperaturas superficial y le mayor a profundidades entre los 50 y 100 m en comparación con los que se presentan en las regiones adyacentes. El campo de salinidad muestra importantes variaciones no estacionales asociadas a la influencia de procesos de tipo advectivo-difusivo en las cuatro regiones. Aparentemente, la intensa mezcla vertical en el CB es también responsable de que el desfase entre el ciclo anual de salinidad en superficie y a 40 m de profundidad sea muy pequeño en relación al observado en las regiones norte y sur. La variabilidad de los campos hidrográficos en los primeros 200 m de la columna de agua en la región este es similar a la observada en el CB, sugiriendo que ambas regiones son afectadas por procesos de mezcla semejantes en estos niveles. En contraste, por debajo de los 200 m la región este muestra la penetración de aguas más frías y menos salinas provenientes de las región sur que no se observan en el CB. Las características de temperatura, salinidad y densidad observadas por debajo de los 200 m en el CB y la región norte son muy similares, y coinciden con las que se observan en la región sur entre los 150 y 300 m de profundidad. Tales características corresponden a la masa de Agua Subsuperficial Subtropical, que se hunde después de pasar sobre el umbral de San Lorenzo y llena las cuencas más profundas de ambas regiones. En contraste, la intensa mezcla vertical en el CB provoca marcadas diferencias con la región norte en los niveles superficiales. Las estimaciones de los flujos de calor a través de la superficie muestran que las cuatro regiones ganan calor en promedio anual, indicando que deben exportar calor hacia las aguas adyacentes mediante flujos laterales. Este resultado y el hecho de que el flujo neto de calor a través de la superficie no sea suficiente para explicar la tasa de calentamiento observada, implican que los procesos advectivos influyen significativamente sobre las variaciones anuales del campo de temperatura. El flujo lateral entre el CB y la región sur, sugerido por las diferencias en los campos de densidad, consiste en un sistema de dos capas, con el flujo de la capa superior dirigido hacia la región sur y el de la capa profunda hacia el CB. La interface entre las capas se encuentra aproximadamente entre los 300 y 400 m de profundidad. Este esquema de circulación coincide con mediciones de corrientes hechas sobre el umbral de San Lorenzo. La hidrografía también sugiere una circulación

de dos capas entre el CB y la región norte durante algunos meses del año, pero no existe un patrón de circulación definido como entre el CB y la región sur. Utilizando un modelo de cajas, que considera a los procesos advectivos y de intercambio con la atmósfera como los más importantes en la determinación de los campos de temperatura y salinidad en el CB, se estima la magnitud y dirección de los flujos entre el CB y las regiones norte y sur. En general, los resultados del modelo concuerdan con la circulación sugerida por la hidrografía, sobretudo entre el CB y la región sur. con los flujos obtenidos se estima satisfactoriamente el campo de temperatura, pero no el de salinidad.

OCEANOGRAFÍA FÍSICA EN EL GOLFO DE CALIFORNIA: ACTUALIDAD Y PERSPECTIVAS

M.F. Lavín

Depto. de Oceanografía Física, CICESE, Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., México.

En los últimos años hemos aprendido ciertos aspectos importantes de la oceanografía física del Golfo de California, y otros ya conocidos han sido cuantificados y explicados. Sin embargo, aún quedan interrogantes sumamente importantes que debemos atacar en la próxima década. **MAREAS:** Han sido estudiadas exhaustivamente con modelos, respaldados por datos de nivel del mar. Aunque se han publicado algunos armónicos de las corrientes de marea, siguen siendo insuficientes para calibrar modelos numéricos y para otras aplicaciones. Ya existen estos datos, pero no han sido publicados. Se ha avanzado en la cuantificación del efecto de la mezcla vertical causada por las corrientes de marea como disipación y frentes. Hace falta generar conocimientos de aplicación práctica. **HIDROGRAFÍA:** Aparentemente, Sverdrup dijo casi todo al respecto en 1941, basado en una sola campaña... pero también hizo lo mismo para todos los océanos! Pero hemos seguido refinando y cuantificando sus descripciones. En los 60s, Roden y Groves hicieron la primera serie estacional de campañas. El siguiente esfuerzo observacional sostenido fué en los 80s, por SIO y CICESE. En los últimos 2 o 3 años, CICESE se ha concentrado en la parte norte del golfo y en el archipiélago, mientras que en la zona de la boca, observaciones intensivas han sido realizadas por la UABC y el Naval Postgraduate School, Monterey, Ca., y también por CICESE. Se ha publicado muy poco de los últimos estudios, pues son muy recientes. **MASAS DE AGUA:** Las masas de agua que se encuentran dentro del golfo han sido descritas con creciente refinamiento; el esfuerzo más reciente para estandarizar los nombres de las masas de agua, cuantificar su volumen y su variabilidad estacional -fue hecha por Torres (1993)-, usó casi todos los datos disponibles hasta el final de los 80s. Las variaciones interanuales de las masas de agua han sido analizadas en varias ocasiones, pero hacen falta más datos para resolver adecuadamente las interrogantes que surgen. **FORMACIÓN DEL AGUA DEL GOLFO:** Es generalmente aceptado que el Agua del Golfo de California (AGC) se forma por la transformación cerca de la superficie del Agua Subtropical

Subsuperficial (ASTs). Esto puede ocurrir en todo el golfo durante todo el año, pero especialmente en la parte norte. donde ocurre la mayor evaporación. No se han cuantificado las proporciones contribuidas al AGC por las diferentes regiones en las diferentes épocas del año. Existe cierta confusión con el agua que se forma por convección vertical durante el invierno en la parte norte del golfo: este agua sólo es uno de los componentes del AGC. Se encontró que puede haber convección invernal tanto en años El Niño como en años no-Niño. **FRENTES:** Los frentes térmicos más importantes en el interior del golfo son generados por el mezclado vertical causado por las corrientes de mareas, y por las surgencias costeras causados por el viento. En años recientes se han estudiado más los frentes de marea, sobre todo los que se encuentran sobre los umbrales del archipiélago y en la zona somera cerca de la cabeza del golfo. Los frentes de surgencia han sido estudiados sobre todo por percepción remota: se sabe que frecuentemente se generan chorros que salen de las puntas, y que son más evidentes en las costas del lado continental en otoño/invierno que del lado de la península en verano; no está claro por qué. Los frentes de masas de agua que infestan la zona de la boca han sido muestreados sólo recientemente (después de Roden), y todavía no se publican los resultados. **TERMODINÁMICA:** Para la segunda mitad de los 80s ya se había logrado armar un ciclo anual con los datos de todas las campañas oceanográficas históricas complementadas con otras hechas expofeso. Usando observaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional, complementadas con otras hechas por SIO y CICESE, fué posible analizar la termodinámica del golfo a escala estacional y en promedio anual. **BALANCE DE CALOR (ANUAL Y ESTACIONAL):** Se encontró que el golfo gana calor a través de la superficie en promedio anual, lo cual implica que la circulación termohalina (en promedio anual) debe ser al revés que en el mar Mediterráneo: con salida de agua (pobre en nutrientes) cerca de la superficie y entrada de agua (rica en nutrientes) a profundidad: se ha propuesto que ésta es la razón, junto con la mezcla por mareas, de la riqueza biológica del golfo. Sorprendentemente, el balance de calor en la frecuencia anual reveló un importante forzamiento a través de la boca, con amplitud dos veces mayor que la del forzamiento por la superficie. No se ha demostrado cómo es generado este forzamiento. **BALANCE DE SAL:** Ya Roden había detectado una variación semianual en el contenido de sal del golfo, y estudios más recientes la siguen encontrando; este tema necesita ser estudiado más, y ya hay algunos estudios planeados. **CIRCULACIÓN:** El estudio de la circulación (o sea de las corrientes residuales, sin las de mareas) en el Golfo de California ha avanzado poco en la última década, al menos observacionalmente. Ha habido varios modelos barotrópicos, un par de modelos baroclínicos y varios estudios con cálculos geostroficos. Esta situación está a punto de cambiar: hay varios modelos baroclínicos en desarrollo, y en los últimos años se han realizado observaciones directas tanto en la boca del golfo como en la zona entre las islas y en la parte norte (Cuencas Delfín y Wagner). **CIRCULACIÓN TERMOHALINA:** Esta es la circulación generada por el intercambio de calor y agua (evaporación) a través de la superficie. Es costumbre describir

la circulación termohalina con base en la distribución de las masas de agua. En el caso del Golfo de California, se ha usado como trazador principalmente al AGC, pues su alta salinidad la hace fácil de detectar. De esta forma, se acepta generalmente que dicha agua se forma en la parte norte, y luego fluye hacia la boca pegada al lado de la península (a una profundidad entre 50 y 100 m). Al salir del golfo, el AGC se mezcla con otras masas de agua, pero su poco volumen hace su influencia casi nula. Esta descripción clásica está siendo refinada con observaciones recientes. Como se mencionó arriba, la circulación termohalina debe ser inversa a la del Mediterráneo, en promedio anual. Se ha propuesto que esta circulación consiste de tres capas: una entre 0 y 50 m de profundidad que cambia de dirección de acuerdo al régimen de vientos, otra entre 50 y 250 m con flujo hacia afuera y otra de 250 a 500 m con flujo hacia adentro; sin embargo la existencia de este esquema de circulación todavía no ha sido demostrada satisfactoriamente, pues la variabilidad natural no ha sido muestreada suficientemente. Este importante tema está abierto, esperando respuestas. **CIRCULACIÓN ESTACIONAL:** Generalmente se considera que el viento es el principal agente forzante de la circulación en el golfo. Y como el viento tiene una fuerte estacionalidad, se espera y acepta que la circulación será estacional también: en verano, con vientos del SE, habrá corrientes entrantes del lado del continente y salientes del lado de la península, y al revés en invierno, con vientos del NO. Los resultados de modelos baroclínicos están de acuerdo con este esquema, pero parece ser que el forzamiento estacional por la boca del golfo es más importante que el viento. La única comprobación directa de este esquema fue obtenida recientemente con trazadores lagrangeanos en la parte norte del golfo. **MESOESCALA, GIROS Y CHORROS:** La presencia en el golfo de giros, chorros (o filamentos) y otras estructuras de mesoescala fue detectada primero en imágenes de satélite. Sólo hay uno o dos estudios de estas estructuras, y casi no hay nada publicado. Los giros del tamaño del ancho del golfo fueron observados directamente en la boca del golfo a principios de los 70s, y fueron detectados otra vez con geostrofia en los 80s y al principio de los 90s. Actualmente todos sabemos que los giros están allí, esperando que alguien los estudie como se merecen. **ONDAS INTERNAS:** Este es otro tema que ha sido muy poco estudiado: Ondas atrapadas a la costa: Estas ondas se descubrieron, inesperadamente, frente a Guaymas durante los 80s. Se las describió y se han hecho modelos de su generación por tormentas, pero no ha habido más observaciones directas. Solitones internos: Estas ondas internas son generadas por las corrientes de marea al pasar sobre los umbrales del Canal de Ballenas y las Islas San Lorenzo y San Esteban. A pesar de ser muy interesantes, y de haber datos disponibles se les ha estudiado poco. Sus principales rasgos fueron descritos primero con imágenes de SAR y posteriormente con datos de CTD y ADCP. Mareas Internas: Todas las condiciones para su existencia en el golfo parecen estar presentes. Se les menciona frecuentemente en la literatura, pero nadie ha probado su existencia. **EL NIÑO:** Este fenómeno tiene importantes efectos sobre las aguas del golfo, y los rasgos generales de dichos efectos han sido descritos como una invasión de agua ecuatorial que

puede llegar hasta la zona de las islas. Las anomalías sobre la meteorología y sobre la formación del agua del golfo en la parte norte no han podido ser clarificadas: aparentemente los efectos son diferentes en cada evento El Niño, pero no hay datos de suficientes eventos para detectar algún patrón. **EL ALTO GOLFO:** Uno de los pocos antiesteros de buen tamaño que hay en el mundo, una reserva de la biósfera con especies en peligro de extinción, y ha permanecido olvidado por los oceanógrafos desde hace 20 años. Pero esta situación también está cambiando; en años recientes se han hecho esfuerzos observacionales y de modelación, y hay planes para el futuro. **LA BOCA:** Esta zona también ha estado algo olvidada por los oceanógrafos desde hace un par de décadas, pero desde hace unos 4 años se han estado realizando programas observacionales muy interesantes. **EL ARCHIPIÉLAGO:** Esta zona sí ha sido muy visitada, pues suceden allí fenómenos muy interesantes, como frentes, solitones, intercambio de aguas, etc. El Canal de Ballenas fue objeto de un minucioso estudio que demostró que allí sólo se encuentran las masas de agua AGC y ASsSt, y que sí es afectada por eventos El Niño.

MODELACIÓN DE CORRIENTES RESIDUALES EN EL GOLFO DE CALIFORNIA MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE DIFERENTES TAMAÑOS DE MALLA

Gerardo García Silva y S.G. Marinone

Depto. de Oceanografía Física, CICESE, Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., México.

En este trabajo se estudia el efecto de la resolución horizontal en la modelación de las corrientes residuales producidas por la marea (M_2) en el Golfo de California. Se utiliza un modelo numérico, bidimensional, verticalmente integrado, que resuelve explícitamente las ecuaciones de momentum y continuidad por el método de diferencias finitas. Los tamaños de malla usados (11 en total) van desde 14 x 14 hasta 2 x 2 km. Los resultados muestran que la modelación de la marea y de las corrientes residuales fue consistente con los diferentes tamaños de malla. En la parte norte del golfo se obtuvo un patrón de circulación residual bien definido, alineado a las isóbatas, mientras que en el archipiélago, la presencia de un giro anticiclónico bien formado fue evidente al noroeste de la isla Tiburón. En el resto del golfo, no se encontró un patrón de circulación residual apreciable. Las velocidades máximas de las corrientes residuales para todas las batimetrías se obtuvieron en el archipiélago, con velocidades de hasta 18 cm/s; en cambio, las magnitudes de la velocidad en la parte norte del golfo fueron para todas las mallas, del orden de 1 cm/s. Finalmente, la malla de 3 x 3 km es suficiente para obtener una buena resolución del campo de velocidad residual en la parte norte del golfo.

GEOQUÍMICA Y PROCESOS SEDIMENTARIOS

BIOGEOQUÍMICA DE LOS ELEMENTOS TRAZA EN EL GOLFO DE CALIFORNIA: LA NECESIDAD DE LOS ESTUDIOS MODERNOS Y DE LA COOPERACIÓN CIENTÍFICA

Evgueny Shumilin, Diana Escobedo Urias

Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN),
Playa El Conchalito, A.P. 592, La Paz, Baja California Sur, 23000,
México.

El Golfo de California es un ambiente marino muy atractivo e interesante para los estudios de los ciclos biogeoquímicos de los elementos y sus perturbaciones en el enfoque del proyecto Interacción Tierra-Océano en la Zona Costera (LOICZ) del Programa Internacional Geósfera- Biósfera. Tiene muchos rasgos especiales tales como la actividad hidrotermal en la cuenca de Guaymas, la existencia de muchas fallas y fracturas tectónicas activas, el clima árido en mayor parte de las cuencas de drenaje terrestre, una diferencia grande entre las costas este y oeste en el tamaño del aporte terrestre y en la composición de las rocas, los cambios ambientales en el alto Golfo debidos al impacto antropogénico sobre el Río Colorado y su delta; las surgencias de las aguas y otras fenómenos hidrológicos relacionados con los eventos "El Niño" en una parte adyacente del Océano Pacífico, alta productividad biológica y biosedimentación en gran parte del Golfo y sus bahías. Debido a la falta general de estudios geoquímicos marinos en México este aspecto importante no ha sido estudiado en extenso ni sistemáticamente. Para desarrollar el conocimiento relacionado con el tema, el CICIMAR ha iniciado recientemente los estudios del destino de los elementos traza en la zona costera de Baja California Sur con atención especial a las bahías semicerradas de la parte suroeste del Golfo de California. Los datos ya obtenidos mediante la aplicación del método de análisis con la activación neutrónica permiten tener una idea preliminar de los niveles de contenido y de las distribuciones espaciales de elementos K, Rb, Cs, Ca, Sr, Ba, Fe, Cr, Co, Sc, La y otros del grupo de las tierras raras, Sb, As, Zr, Hf, Th y U en los sedimentos superficiales de Bahía Concepción, Laguna de La Paz, así como de las distribuciones verticales de estos elementos en algunos núcleos de los sedimentos obtenidos en las cercanías de los abanico-deltas de Santa Rosalía, Loreto, El Coyote y San Juan de La Costa. Las concentraciones de los elementos traza, Cr, As y Sb, los elementos ligeros del grupo de las tierras raras, asociadas a las descargas antropogénicas son típicos de los sedimentos marinos de las áreas vírgenes. La existencia de anomalías geoquímicas refleja el carácter heterogéneo de la composición litológica y mineralógica de los sedimentos y está relacionada con la diferente contribución de los materiales terrígenos y biogénicos. Por ejemplo, los sedimentos superficiales del área adyacente a la playa Santispac en Bahía Concepción están enriquecidos en Ca, Sr y U y empobrecidos

en Cr, Co, Sb, La, Ce, Eu, Zr, Hf y Th debido a la prevalencia de los carbonatos biogénicos, hasta 98 % de CaCO_3 . Al contrario, el área de Bahía Concepción adyacente a la costa oriental está caracterizada por el enriquecimiento relativo de los sedimentos superficiales en Co, Se y As, y otros elementos usualmente incluidos en la composición de los minerales pesados, abundantes en la costa caracterizada por las rocas volcánicas y metamórficas. El enriquecimiento de algunas muestras de los sedimentos en Fe, hasta 24 % y en As (25.1 ppm, 46.8 ppm) puede ser causada por el aporte de los fragmentos de las rocas relacionados con la mineralización antigua de Fe-oxihidróxidos y fosforitas en la cuenca de drenaje terrestre. Las peculiaridades del proceso de acumulación de los elementos traza en los sedimentos de las zonas del Golfo de California adyacentes a los abanico-deltas dependen considerablemente de las características del área de drenaje terrestre y del ambiente marino. Anomalías positivas del contenido de Eu en relación a otros elementos del grupo de tierras raras muestran la posibilidad de la influencia de las fuentes hidrotermales de la cuenca de Guaymas sobre la composición del material sedimentario en las cercanías de Santa Rosalía y Loreto. Variaciones considerables de las distribuciones verticales de los contenidos de los elementos traza en los sedimentos laminados de los núcleos, obtenidos al frente de El Coyote y San Juan de La Costa, así como la existencia de unos mínimos del contenido de Eu en los sedimentos, normalizado con la lutita, pueden ser causados por aportes episódicos en avalancha del material terrígeno empobrecido en Eu durante actividad hidrotermal antigua o cambios periódicos de las condiciones de la depositación del material sedimentario biogénico en Bahía de La Paz. El extender los estudios biogeoquímicos a otras partes del Golfo de California, especialmente a las áreas adyacentes al delta del Río Colorado, a los estuarios de los ríos y las bahías de la costa oriental debido a que son fuertemente impactados antropogénicamente por la aplicación de grandes cantidades de agroquímicos en su extensa zona agrícola (Topolopampo etc), así como a la cuenca de Guaymas conocida por sus fuentes hidrotermales es necesaria y exige la cooperación urgente de los especialistas relacionados.

PROCEDENCIA Y DISPERSIÓN DE LOS SEDIMENTOS RECIENTES EN EL DELTA DEL RÍO COLORADO Y PLATAFORMA ADYACENTE DEL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA

José D. Carriquiry B. y Alberto Sánchez G.

Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC, Km. 103
Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., México.

Con la finalidad de determinar los patrones de dispersión de los sedimentos de fondo en la región N del Alto Golfo de California (AGC), y sus potenciales fuentes de abastecimiento, se llevaron a cabo estudios texturales y mineralógicos de la fracción arenosa de 68 muestras colectadas en distintos ambientes sedimentarios coexistentes en esta región (rio, estuario, océano, playas, planicies deltaicas y desierto). Los

resultados obtenidos de las tendencias espaciales de las propiedades texturales, asociadas al patrón de transporte neto y dispersión de los sedimentos, indican que existe un transporte neto de sedimentos frente a la zona oceánica adyacente a la estructura deltaica, en dirección NE-SW. Otro aspecto relevante es el transporte litoral presente frente a las costas de Sonora y Baja California. El transporte neto de sedimentos a lo largo de la costa de Sonora es en dirección SE-NW, introduciendo material del océano hacia el interior del estuario a través del canal de Sonora. En contraposición, el transporte neto y la dispersión a lo largo de la costa de Baja California es en dirección N-S. El patrón de transporte neto y la dispersión de los sedimentos en ambas regiones, canales y oceano, presentan una dirección contraria a las manecillas del reloj; este patrón está en plena concordancia con estudios anteriores sobre la circulación y el balance de materiales en el sistema. Los estudios mineralógicos indican que los sedimentos de esta zona presentan dos fuentes principales de abastecimiento, definiendo con ello, dos provincias, la de Sonora y la de Baja California, caracterizadas por asociaciones de Granate-Zircon (Gr-Zr) y Hornblenda-Epidota-Piroxeno (Hb-Ep-Px), respectivamente. En particular, la asociación Hb-Ep-Px refleja la dominancia de los aportes históricos del río Colorado e indicando, con ello, que los sedimentos de la estructura deltaica están siendo sujetos a intensos procesos de retrabajamiento y erosión/resuspensión, una vez que la fuente principal, río Colorado, no abastece sedimentos a la región. En cambio, la asociación de Gr-Zr refleja los aportes locales de los depósitos arenosos de la Mesa y Gran Desierto de Sonora. Apartir del análisis factorial se definieron los end-members, que dan origen a cada provincia: Mesa y Gran Desierto de Sonora, a la provincia de Sonora, y río Colorado, a la provincia de Baja California.

RECONOCIMIENTO SUPERFICIAL DE UNIDADES GEOMORFICAS EN EL DELTA DEL RIO COLORADO (APLICACIÓN DE SENSORES REMOTOS, LANDSAT MSS)

Jorge Torres Rodríguez¹ y José D. Carriquiry²

¹ Grupo de Ciencias de la Computación, CICESE, Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B. C. México.

² Depto. de Geología y Geoquímica, Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC, Km. 103, Carret. Tijuana-Ensenada Ensenada, Baja California, México

No obstante la existencia de técnicas para discriminar tipos de cubierta en el terreno utilizando imágenes Landsat MSS, las planicies deltaicas son casos problemáticos en términos de calibración debido a su naturaleza intrincada, amplia cobertura espacial y el alto dinamismo de los procesos que las gobiernan. En este trabajo se plantea como una alternativa a este problema la aplicación de técnicas de detección de cambio, basándose en el análisis multitemporal de componentes principales y en la aplicación de métodos para la clasificación de imágenes multiespectrales. La metodología consistió en utilizar un par de imágenes Landsat tomadas en diferentes fechas, esto con el fin de detectar los límites y cobertura de las unidades geomórficas en base a los cambios de reflectividad en la superficie del terreno.

El análisis de la región deltaica inferior del Río Colorado permitió la identificación de las principales unidades que componen al sistema. A partir de los resultados se generó un nuevo modelo de la distribución espacial de unidades geomórficas que incorporó a la mayoría de las unidades descritas en modelos anteriores y mejoró sustancialmente el nivel de entendimiento de la morfología regional, especialmente en la zona de planicies costeras. Por otra parte, el trabajo es una muestra de la utilidad de los sensores remotos en estudios geomorfológicos a nivel regional, así como de su viabilidad en aplicaciones a problemas que requieren del monitoreo periódico en zonas de amplia cobertura espacial y con ambientes de difícil acceso.

ORÍGEN DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LOS SEDIMENTOS DEL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA: ÁCIDOS GRASOS COMO BIOMARCADORES

Víctor F. Camacho Ibar y Juan A. Chávez Vargas
División de Geoquímica Ambiental, Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC, A.P. 453, Ensenada, Baja California, 22830, México.

Durante el presente siglo las descargas del Río Colorado hacia el Golfo de California han sido drásticamente disminuídas. El consumo creciente de agua para la agricultura y uso doméstico en los Estados Unidos, ha causado una disminución en la descarga media anual de agua dulce de $\sim 21 \times 10^9$ m³ en el periodo 1910-1920 a 0.85×10^9 m³ en el periodo 1960-1970 (Baba et al., 1991). Como consecuencia, el aporte de sedimentos, carbono orgánico y materiales disueltos del Río Colorado hacia el Alto Golfo de California (AGC) se han reducido también drásticamente. Van Andel (1964) reportó que para el periodo 1911-1935 la descarga media anual de sedimentos fue de 161×10^6 toneladas mientras que para el periodo 1935-1951 fue de 15×10^6 toneladas. La descarga de sedimentos del Río Colorado en el presente debe ser prácticamente nula. La poca agua que llega a territorio mexicano es destinada en su totalidad a la agricultura en el valle de Mexicali, y solamente existe un flujo importante de agua dulce hacia el AGC durante los años de lluvia excesiva. Lamentablemente, sabemos muy poco de los efectos que ha tenido el corte en el flujo del Río Colorado en los procesos biogeoquímicos del AGC. A pesar de que es evidente la transformación del Estuario del Río Colorado hacia un sistema hipersalino, el contenido de nutrientes y la producción primaria y secundaria se mantienen muy elevadas. Por otro lado, se sabe actualmente de la importancia de la zona costera en el ciclo global del carbono, e.g. el 80% del enterramiento del C en el ciclo global ocurre en esta franja, sin embargo, desconocemos el potencial papel que juega el carbono que se depositó en zonas como el Delta del Río Colorado y que seguramente está siendo reciclado por la erosión en el presente. Para empezar a estudiar sistemáticamente este problema, en 1995 dimos inicio al proyecto "Efecto de las descargas del Río Colorado en la geoquímica de sedimentos recientes en el Alto Golfo de California". Entre los objetivos de este proyecto se

encuentran: (1) determinar las fuentes principales del material orgánico presente en los sedimentos superficiales del AGC y (2) en base al análisis de n=FAcleos sedimentarios, determinar los cambios en el abasto de material orgánico terrígeno, debido a la disminución del flujo de las aguas del Río Colorado hacia el AGC durante el presente siglo. Nuestra hipótesis central es que posiblemente la composición química de los sedimentos del AGC ha sido alterada por la disminución en los aportes del Río Colorado. Se sospecha que ocurrieron cambios composicionales en la materia orgánica sedimentaria de esta zona, debido a que la calidad de la materia orgánica aportada por el río (alóctona) debió ser diferente a la materia orgánica producida localmente por la producción autóctona (fitoplanctónica, bacteriana y zooplanctónica). El este estudio pretendemos estimar los cambios composicionales de la materia orgánica haciendo uso de herramientas químicas y geoquímicas. Los lípidos sedimentarios, e.g. los ácidos grasos y los esteroides, se utilizan para diferenciar entre el material orgánico alóctono derivado de plantas vasculares terrestres y el material autóctono producido por fitoplancton o bacterias, así como fuentes no biogénicas como el intemperismo de sedimentos antiguos o aportes directos de combustibles fósiles (Wakeham et al., 1991). Por ejemplo, los ácidos grasos saturados, monocarboxílicos y de cadena larga (24-30 átomos de carbono) generalmente se atribuyen a plantas vasculares terrestres, mientras que los ácidos 15:0 iso- y anteiso-, anteiso-17:0, 17:0 y 18:1w7 se atribuyen a bacterias (Wakeham y Beier, 1991). La abundancia de ácidos grasos polienicos con 18 carbonos se asocia a grupos fitoplanctónicos de prymnesiofitas o dinoflagelados, los 20:5 y 22:6 a dinoflagelados y los 16:1 y 20:5 a diatomeas. Los 4-metil-esteroides, incluyendo el dinosterol, han sido usados como indicadores de aportes de material orgánico por dinoflagelados (ver Jasper y Gagosian, 1993, y referencias). Los ácidos grasos y los esteroides también han sido utilizados como indicadores de efectos antropogénicos, en particular, para indicar zonas de influencia de descargas residuales domésticas (e.g. Quemeneur y Marty, 1992). A la fecha contamos con resultados preliminares sobre la distribución de ácidos grasos en 40 muestras de sedimentos superficiales del AGC, cubriendo desde la zona somera del Delta del Colorado hasta las Grandes Islas. Estos sedimentos se colectaron durante 2 cruceros en agosto de 1995, y los análisis geoquímicos se realizaron en el periodo junio-agosto de 1996 tras varios meses de estandarización del método. Durante este Coloquio presentaremos la discusión preliminar de los datos hasta ahora generados y los objetivos del proyecto a mediano plazo.

GEOQUÍMICA DEL GOLFO DE CALIFORNIA Y ÁREAS ADYACENTES: AVANCES Y PERSPECTIVAS (PROYECTO INSTITUCIONAL UNAM)

Federico Páez Osuna

Laboratorio de Geoquímica y Contaminación Costera, Estación Mazatlán, Instituto de Ciencias de Mar y Limnología, UNAM.

Desde el punto de vista geoquímico el Golfo de California ha despertado un gran interés debido a que en él se presentan una gran variedad de procesos sedimentológicos, tectónicos, redox y de productividad masiva peculiares. Bajo tal contexto surge en 1985 el proyecto institucional denominado "Geoquímica de los sedimentos del Golfo de California" cuyo inicio se marcó con la realización de la campaña oceanográfica Bermejo-1 y la idea de culminar dos tesis doctorales sobre la geoquímica de los metales pesados en los sedimentos y la química de las aguas intersticiales; por esos mismos años se aprovecharon las oportunidades de muestrear en tres campañas más el PALEO-1, PALEO-2 y CORTES-2. Luego con la campaña oceanográfica de 1989 denominada BANDERAS-1 realizada en áreas adyacentes a la boca del Golfo de California se modificó el título del proyecto por el de la presente plática. En esta última campaña se trabajó también la química de las aguas intersticiales. En los últimos seis años, el proyecto ha tomado un giro hacia el estudio de algunas áreas adyacentes del Golfo de California y particularmente el personal involucrado ha sido como sigue: Quím. Humberto Bójorquez Leyva del ICML, UNAM, M. en C. Yovani Montaña Ley del ICML, UNAM y Dr. Federico Páez Osuna del ICML, UNAM, Responsable del proyecto. Asociados al proyecto han habido 5 tesis de maestría y 5 de doctorado, de las cuales hasta la fecha solamente han terminado 4. A partir de las actividades del proyecto se han logrado estructurar 18 publicaciones científicas y 4 artículos de divulgación. Además de procesar una diversidad de información obtenida a partir de los cruceros realizados, las perspectivas a futuro son la de continuar trabajando en las áreas adyacentes al Golfo de California, particularmente en las lagunas costeras de la región continental, sobre el comportamiento del fósforo en los sedimentos y los procesos de mezcla estuarina, evaluar la dinámica de los nutrientes, establecer además de la concentración de algunos metales pesados, incluido mercurio, su asociación con las fracciones geoquímicas. Otro aspecto que se pretende a mediano plazo abordar es el de la mineralogía de los sedimentos lagunares, sobre todo la identificación y semicuantificación de arcillas como herramienta para entender procesos lagunares.

**PROCEDENCIA Y DISPERSIÓN DE LOS SEDIMENTOS
RECIENTES EN EL DELTA DEL RIO COLORADO Y
PLATAFORMA ADYACENTE DEL ALTO GOLFO DE
CALIFORNIA**

Hector Bustos-Serrano¹, Armando Trasviña-Castro² y Robert
Lee Petty³

¹ Facultad de Ciencias Marinas, UABC, Km. 103, Carret. Tijuana-
Ensenada, Ensenada, B.C., 22830, Mexico.

² CICESE, Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C.,
22830, Mexico.

³ Instituto de Ciencias Marinas, Universidad de California-Santa
Barbara, Santa Barbara, CA, 93106, EUA.

Se colectó agua de mar en la superficie, 2 m, la termoclina, 95 m, y el fondo, 1000 m, en enero de 1994, cubriendo tres transectos en la boca del Golfo de California. El primero de Cabo San Lucas a Isla Socorro (Revillagigedo), el segundo de Isla Socorro a Bahía de Banderas (Puerto Vallarta) y el tercero de Puerto Vallarta a Cabo San Lucas. Se cubrió una distancia aproximada de 1500 km en aguas principalmente oligotróficas. Se analizaron con la técnica de flujo continuo (FIA) los siguientes nutrientes: nitratos, NO_3 , nitritos, NO_2 , amonio, NH_4 y fosfatos PO_4 .

**ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO Y MINERALÓGICO EN
EL SISTEMA FLUVIO-LAGUNAR RÍO CULIACÁN-BAHÍA
DE ALTATA-ENSENADA EL PABELLÓN, SINALOA,
MÉXICO**

María de Jesús Green Ruiz

Laboratorio de Geología Marina, Instituto de Ciencias del Mar y
Limnología, UNAM, Estación Mazatlán.

Las características geoquímicas de los sedimentos son indicadores sensibles de la naturaleza de las áreas de origen de los materiales y pueden ser entonces utilizadas en los estudios de origen-transferencia-distribución de los materiales. La Bahía de Altata y Ensenada El Pabellón, situadas en la parte norte de las costas de Sinaloa, han sido desde hace muchos años asiento de importantes pesquerías de camarón y de ostión. Este sistema lagunar está asociado a la desembocadura del Río Culiacán y conectado a una cuenca de drenaje agrícola importante. Los estudios con carácter geológico realizados en esta zona son pocos y se han estudiado algunas características geoquímicas de los sedimentos dentro de programas de contaminación. Sin embargo, no se han determinado los mecanismos de transferencia de los materiales que provienen o pueden provenir de una fuente tan importante como el Río Culiacán. Este trabajo tiene como objetivos: el efectuar a partir del análisis de muestras de sedimento superficial un estudio sedimentológico general con vistas a determinar los caracteres de la sedimentación reciente en un ambiente lagunar y los factores que intervienen en esta sedimentación, el determinar el origen de los sedimentos (fuentes continentales próximas u orígenes lejanos). Y el estudiar la transferencia de los materiales y su evolución espacial.