

unión geofísica mexicana
boletín época II



geos

vol. 9

n° 2

abril

1989

GEOS

Órgano informativo de la Unión Geofísica Mexicana
(ISSN 0186-1891)

Editor: *Sonia Salazar Lizán*

Apoyo técnico:

Ma. Paulina Salas Ríos
Juan Manuel Pérez Céspedes
Ela Molina Sevilla
Leticia Elizalde Camacho

UNION GEOFISICA MEXICANA*

Mesa Directiva (1987-1989)

Presidente	<i>David J. Terrell (IMP)</i>
Vicepresidente	<i>Mario Martínez (CICESE)</i>
Tesorero	<i>Nuria Segovia (ININ)</i>
Srio. General	<i>Fco. Núñez Cornú (IGF)</i>
Srio. Difusión	<i>Sonia Salazar (IGF)</i>
Srio. Educación	<i>Javier González (CICESE)</i>
Srio. Investigación	<i>Héctor Pérez de Tejada (IGF)</i>
Vocal Norte	<i>José Luis Comparán (UANL)</i>
Vocal Noroeste	<i>José M. Romo (CICESE)</i>
Vocal Centro	<i>Jorge Nieto (FI)</i>
Vocal Sur	<i>J. Romeo León Vidal (CFE)</i>

* La Unión Geofísica Mexicana (UGM) es la sociedad civil no lucrativa de los profesionales de la Geofísica y ciencias relacionadas.

INDICE

- 1** La red sismológica telemetrizada de Colima (RESCO)
inicia operaciones
*Guillermo Castellanos, Gilberto Ornelas-Arciniega,
C. Ariel Ramírez-Vázquez, G.A. Reyes-Dávila, Héctor
Tamez-González*
- 2** Determinación de la razón de Bowen en superficies con
vegetación natural con un sistema psicométrico
Víctor L. Barradas
- 7** Más de un siglo del observatorio magnético
Carlos Cañón Amaro
- 11** Don Manuel Sandoval Vallarta y el renacimiento de la
Física en México
Silvia Bravo
- 13** Hacia una nueva hidrogeología
J. Joel Carrillo R.
- 15** Hacia una definición dinámica formal de la Universidad
y el Instituto de Geofísica como uno de sus subsistemas
Jorge Carrera Bolaños
- 21** Cómo sobrevivir a un Congreso
Brian McEnaney
- 23** Edmond Halley, geofísico
Michael E. Evans
- 30** Calendario y bisiestos
René Garduño
- 32** Índice de autores

LA RED SISMOLOGICA TELEMETRIZADA DE COLIMA (RESCO) INICIA OPERACIONES

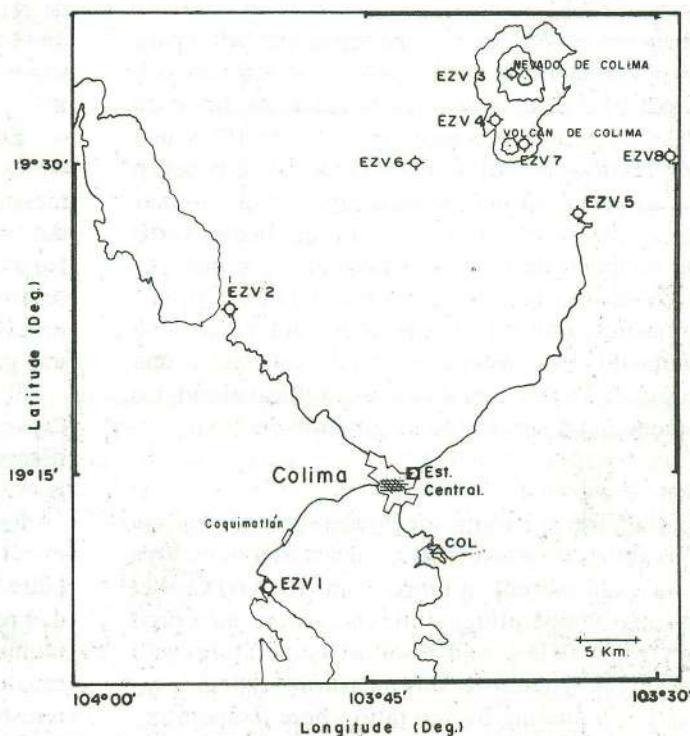
*Guillermo Castellanos., Gilberto Ornelas-Arciniega, C.Ariel Ramírez-Vázquez,
G.A.Reyes-Dávila Héctor Tamez-González.*

Los operadores de la Red Sismológica Telemetrizada del Estado de Colima (RESCO), una red compuesta de 8 estaciones verticales de periodo corto, anuncian que las primeras tres estaciones telemétricas han sido puestas en operación los 1, 14, y 21 de junio de 1989, respectivamente.

La distribución de las estaciones de RESCO, mostrada en la figura 1, permitirá monitorear las actividades del Volcán de Colima, del Graben de Colima, así como cualquier otra actividad local.

La información de todas las estaciones será telemetrizada a la estación central ubicada en las instalaciones del CICBAS en la ciudad de Colima, en frecuencias de la banda de UHF asignadas previamente por la SCT. A la fecha las señales de las estaciones denominadas EZV1, EZV2 y EZV5 ya en servicio, se están imprimiendo en registradores de papel convencionales. En la siguiente etapa del proyecto la adquisición de datos de todas las estaciones remotas se hará via microcomputadora utilizando un programa de detección de eventos, efectuando fuera de línea el análisis de datos adicionales.

RESCO es el resultado de un gran esfuerzo cooperativo de varios individuos e instituciones. En especial es-



tamos particularmente agradecidos con Zenón Jiménez Jiménez, del Instituto de Geofísica de la UNAM quien ha sido la fuerza motriz de este proyecto, así como uno de sus asesores.

Asesores de resco:

Servando de la Cruz
Juan Manuel Espíndola
Zenón Jiménez Jiménez
Manuel Mena Jara
Francisco Nuñez Cornú

Instituto de Geofísica UNAM.
Instituto de Geofísica UNAM.
Instituto de Geofísica UNAM.
Instituto de Geofísica UNAM.
Instituto de Geofísica UNAM.

Patrocinadores de resco:

Gobierno del Estado de Colima.
Dirección Gral. de Investigación Científica.SESIC-SEP.
Universidad de Colima.



DETERMINACION DE LA RAZON DE BOWEN EN SUPERFICIES CON VEGETACION NATURAL CON UN SISTEMA PSICROMETRICO

Víctor L. Barradas.

Resumen

Se diseñó y construyó un sistema psicrométrico para determinar la razón de Bowen en superficies con vegetación. Este sistema tiene un rango de medición de -10 a 60 °C, con una precisión absoluta de 1% y una precisión relativa de 0.01%. Estas características hacen que este sistema psicrométrico sea capaz de determinar la razón de Bowen en sitios donde los gradientes verticales de temperatura y humedad del aire son muy pequeños. Se usaron cuatro circuitos integrados LM3911 como sensores, tanto de temperatura del bulbo seco como húmedo. Este sistema se puede conectar a una graficadora de un canal mediante un multicanalizador o directamente a un sistema de adquisición de datos.

Abstract.

A psychrometric apparatus for Bowen ratio determination on vegetated surfaces was designed and built. This system has a measurement range from -10 to 60 °C. Wet and dry bulb temperatures differences were measured with an error of 0.01%, and absolute temperatures with an error of 1%. Therefore, this measuring system is capable of determining Bowen ratio where temperature and humidity gradients are very small. The wet and dry temperature sensors were four integrated circuits LM3911. The data generated by this system can be collected by a graph recorder or a data logger.

Introducción.

La determinación de la evapotranspiración en superficies con vegetación natural requiere de modelos matemáticos que tienen que ser alimentados con datos, que en la mayoría de los casos son generados por sistemas de medición muy sofisticados y por ello muy caros.

El modelo más sencillo de determinar la evapotranspiración es el del balance energético, que requiere de la determinación de la razón de Bowen. Sin embargo, la vegetación natural impone algunas restricciones para la

determinación de este parámetro, debido a que los gradientes, tanto el de temperatura como el de presión de vapor del aire por encima de la cobertura vegetal, son muy pequeños (Barradas, 1989).

Este problema relacionado con el comportamiento de los gradientes de temperatura y humedad puede solucionarse instalando muy separadamente los sensores del sistema de medición de la razón de Bowen, sin embargo, esta solución no resulta práctica. Por eso, es necesario contar con un instrumento cuyos sensores tengan una separación adecuada, una buena precisión y una gran sensibilidad.

Por otro lado, este sistema de medición debe ser capaz de generar datos confiables durante períodos de tiempo bastante largos, como lo requiera el estudio de la evapotranspiración de un sitio.

Las gradientes de humedad del aire se pueden determinar de diferentes formas a partir de la temperatura del bulbo húmedo, temperatura del punto de rocío y humedad relativa. Sin embargo, la determinación de estas dos últimas requiere de instrumentos de manufactura sofisticada o cuya precisión es baja, o presentan una gran histéresis. En cambio, la determinación de la temperatura del bulbo húmedo no requiere de sistemas de medición sofisticados, ni presenta precisiones bajas o histéresis.

Otro de los inconvenientes que pueden presentarse en la fabricación de un sistema de medición es la accesibilidad a las piezas o partes del mismo, es decir, que los componentes no se encuentren en el mercado nacional.

En este trabajo se describe el diseño y el desarrollo de un sistema psicrométrico de medición de la razón de Bowen preciso, sensible y de fácil construcción. Además de que todos sus componentes se encuentran en el mercado nacional.

Teoría.

A partir del balance energético en un sitio y definiendo a la razón de Bowen (B) como la razón del flujo de calor

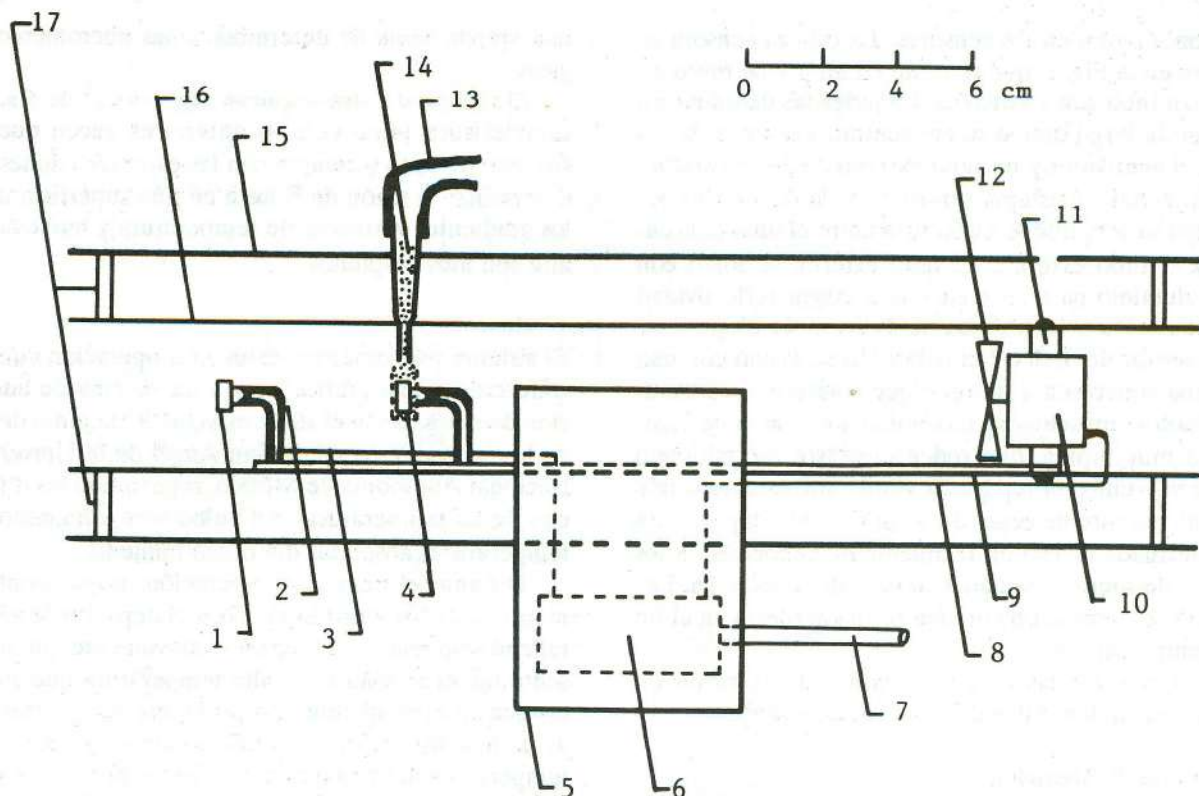


Fig. 1. Armazón de la cabeza sensora. (1) Temperatura del bulbo seco (T_s), (2) soporte de cemento epóxico del sensor, (3) conexiones de los sensores, (4) temperatura del bulbo húmedo (T_h), (5) caja de conexiones eléctricas, (6) circuito de la parte A del circuito electrónico, (7) conexiones de la parte B del circuito electrónico, (8) conexiones del motor, (9) soporte del micromotor y los sensores, (10) micromotor de 5 V, (11) soporte del micromotor, (12) ventilador, (13) tubo de equipo de venoclisis, (14) muselina, (15) tubo externo de PVC de 3 pulgadas forrado de papel aluminio, (16) tubo concéntrico de 1.5 pulgadas y (17) soportes del tubo concéntrico.

sensible (H) y el flujo de calor latente (LE), es decir $B = H/LE$, la evapotranspiración (E) se puede calcular como sigue:

$$E = \frac{R_n - G}{L(1 + B)} \quad (1)$$

donde R_n es la radiación neta, G es la tasa de almacenamiento de energía en la vegetación y el suelo y L es el calor latente de vaporización. En latitudes tropicales el término G se puede despreciar ya que las oscilaciones térmicas tanto diurnas como estacionales o anuales son muy pequeñas (Landsberg 1984).

Sargeant y Tanner (1967) dan la razón de Bowen en función de valores psicrométricos:

$$B = \{ (s/j + 1) (\Delta T_h / \Delta T_s) - 1 \}^{-1} \quad (2)$$

donde s es la pendiente de la curva de presión de vapor de saturación a la temperatura del bulbo húmedo

(T_h), j es la constante psicrométrica. T_h y T_s son las diferencias de la temperatura del bulbo húmedo y del seco a dos alturas por encima de la cobertura vegetal, respectivamente. De aquí que se necesita medir las diferencias de T_h y T_s y las temperaturas absolutas de T_h .

Sistema de medición.

Cabeza Sensora.

Una de las piezas fundamentales en cualquier instrumento micrometeorológico es el sistema de medición, ya que al instalar el sensor en el medio hay que protegerlo de las variables del mismo medio que no vaya a determinar. Tal es el caso de la temperatura del aire, donde el sensor necesita ser aislado de la radiación solar directa, corrientes azarosas del aire de diferentes velocidades, de la precipitación pluvial, etc.

La cabeza sensora es semejante a la descrita por Barradas (1988) con algunos cambios tanto en las di-

mensiones como en los sensores. La cabeza sensora se muestra en la Fig. 1, que consiste en un par de tubos de PBC. Un tubo concéntrico de 1.5 pulgadas de diámetro y 30 cm de largo donde se encuentran los sensores (Ts y Th), el ventilador y un tubo externo de 3 pulgadas de diámetro. Así, el sistema sensor se aísla del medio por una capa de aire que se encuentra entre el tubo concéntrico y el tubo externo. El tubo externo se forró con papel aluminio para mantener una mayor reflectividad de la radiación solar y duración del tubo de PVC.

El sensor del bulbo húmedo (Th) se atavió con una muselina conectada a un tubo que conduce agua destilada. Para la muselina se recomienda una gasa de algodón no muy tupida, que rodee el sensor, permitiendo que se vea entre el tejido. El ventilador establece una corriente de aire de cerca de 10 m/s. Como depósito de agua destilada se usó un recipiente de venoclisis de los equipos de suero conectados al tubo del sensor Th. Los sensores se barnizaron con una resina acrílica con el fin de intemperizarlos.

Para realizar las determinaciones de la razón de Bowen se requieren dos de estas cabezas sensoras.

El Circuito de Medición

El circuito electrónico de medición psicrométrica se muestra en la Fig. 2. Este circuito consta de dos partes, la parte A que es el circuito común de los sensores y la parte B donde se generan las diferencias de Ts y Th.

El circuito de la parte A está constituido principalmente de cuatro sensores LM3911 de cápsula metálica (dos sensores para determinar Ts a dos alturas diferentes y otros dos para Th). Los sensores LM3911 tienen la capacidad de generar una diferencia de potencial de 10 mV/ °C, en el rango de -25 a 85 °C (Anónimo, 1978).

La parte B del sistema está constituido por un circuito integrado LM747 que es un amplificador operacional doble conectado de tal forma que genera las diferencias ΔT_s y ΔT_h .

Calibración

Este sistema se calibró contra un psicrómetro de termopares (cobre-constan) cuyo error en mediciones relativas es de 0.001% (Fitzjarrald, 1979). Se encontró una respuesta completamente lineal, con una sensibilidad de 10 mV/ °C en rango de -10 a 60 °C y una precisión relativa de 0.01% y absoluta del 1%.

El rango de trabajo que se usó fue inferior al reportado por el fabricante, debido a que la calibración no se llevó más allá de los -10 y 60 °C por inconvenientes técnicos, no obstante, este rango es apto para realizar

una amplia gama de determinaciones micrometeorológicas.

El tiempo de atraso que se registró fue de 5 s. Esta característica junto con las anteriores hacen que este sistema sea apto y cumpla con las especificaciones para determinar la razón de Bowen en una superficie donde los gradientes verticales de temperatura y humedad del aire son muy pequeños.

Evaluación

El sistema psicrométrico estuvo en operación continua conectado a una graficador y a un sistema de adquisición de datos desde el 10 de mayo al 20 de junio de 1989 en la reserva Pedregal de San Angel de la Universidad Nacional Autónoma de México, registrando las diferencias de las temperaturas del bulbo seco y húmedo y las temperaturas absolutas del bulbo húmedo.

Durante el tiempo de operación, no se cambió la muselina de los sensores de Th, y el depósito de agua se rellenó sólo una vez. El único inconveniente que se presentó fue el asociado a la alta temperatura que alcanzó el agua en el recipiente, y la proliferación de algas en el agua, que provocaron determinaciones erróneas en la temperatura del bulbo húmedo. Estos problemas se corrigieron cubriendo el recipiente del agua con papel aluminio para eliminar la proliferación de algas y colocándolo en un abrigo semejante a los termométricos para eliminar el calentamiento del agua.

En la Fig. 3 se muestra un ejemplo de las trazas de las temperaturas obtenidas por el graficador durante el día y la noche. Las diferencias de las temperaturas se pueden leer con una resolución muy alta y no excedieron de 0.4 °C durante el día y -0.2 °C durante la noche.

En la Fig. 4 se muestra un ejemplo de una variación diurna de la razón de Bowen en función de las diferencias de temperatura y cuando se lleva mayormente a cabo la evapotranspiración. Tanto las diferencias de las temperaturas, como la razón de Bowen y el flujo de calor latente (LE) muestran un comportamiento típico siguiendo un curso normal durante el día. Los valores de la razón de Bowen se mantuvieron por debajo de 1.5.

La máxima evapotranspiración se registró hacia las 16:00 hora local (hl), unas dos horas después de la máxima insolación, mientras que los máximos de DTs y DTh se registraron a las 14:00 hl. Los valores que alcanzó la razón de Bowen de las 08:00 a las 12:00 hl se debieron posiblemente a que el flujo de calor sensible se incrementa más rápidamente que el flujo de calor latente durante las horas de la mañana.

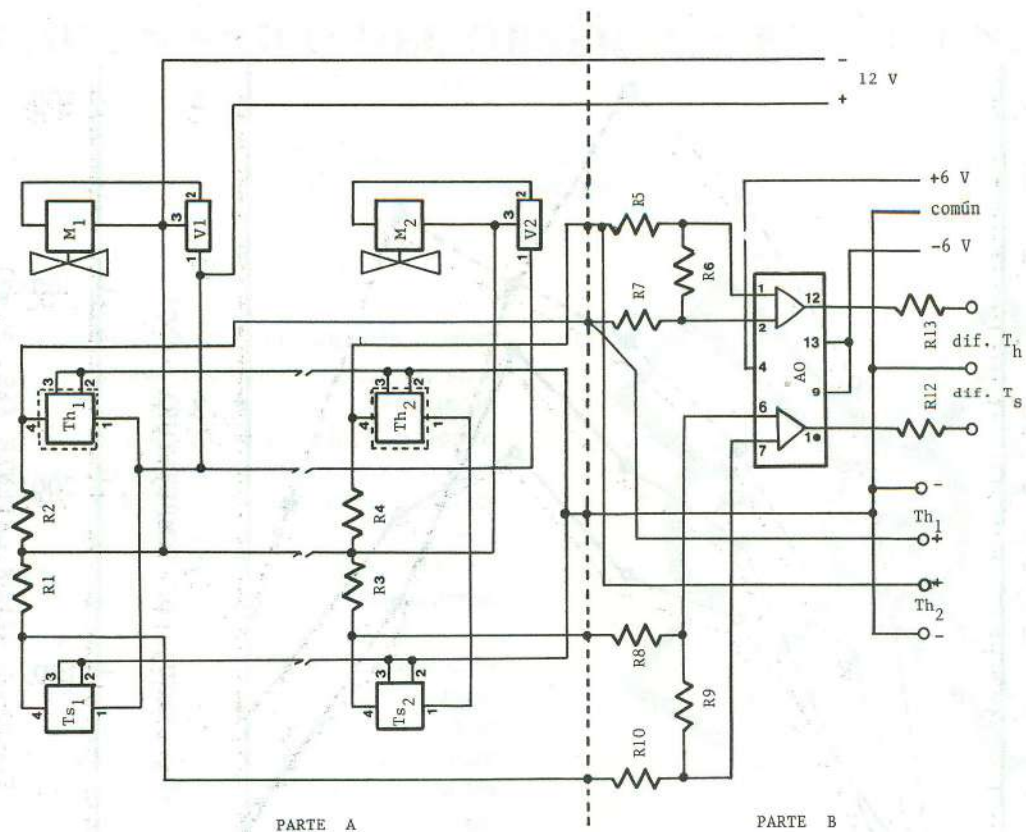


Fig. 2 (Cicuito electrónico del sistema de medici[on de la razón de bowen. Parte A: Circuitos LM3911 (Th₁, R₂, R₃, y R₄). Parte B: Amplificador operacional LM747 (AO), resiten-
cias de 1 Mohms (R₅, R₇, R₈ y R₁₀), resiten-
cias de 8.2 Mohms (R₆ y R₉) y resiten-
cias de 2.2 Komhs (R₁₁ y R₁₂).

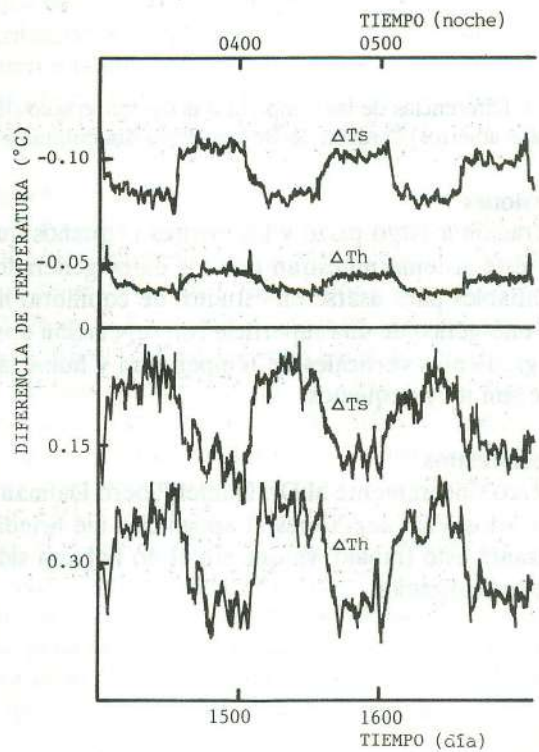


Fig. 3. Muestras de las trazas de las diferencias de las temperaturas del bulbo seco y húmedo (DTs y Dth) obtenidas con el sistema psicométrico.

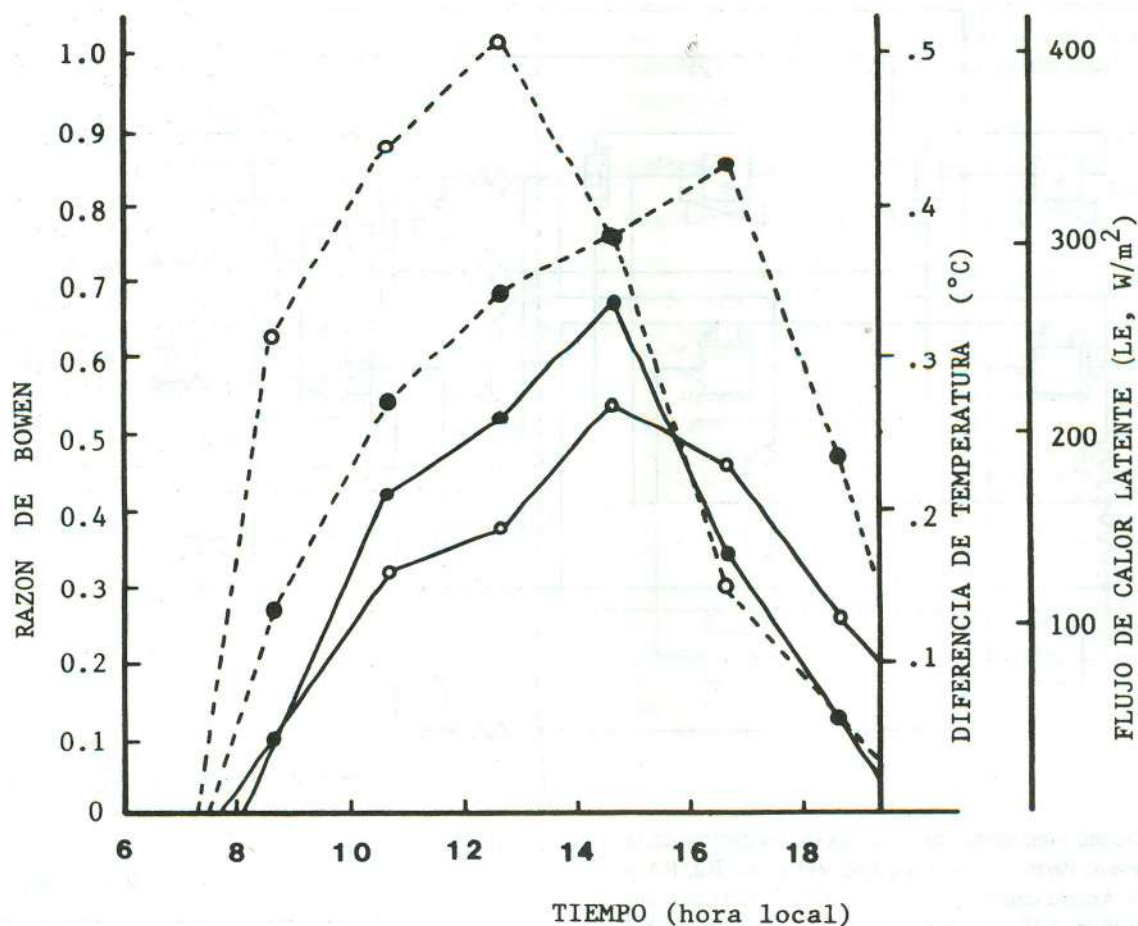


Fig. 4. Diferencias de las temperaturas del bulbo seco (línea continua y símbolos cerrados), del bulbo húmedo (línea continua y símbolos abiertos), la razón de Bowen (línea discontinua y símbolos cerrados) el día 10 de junio de 1989.

Conclusiones

La operación a largo plazo y los errores pequeños que genera este sistema muestran que los datos generados son confiables para usarse en estudios de equilibrio hídrico y energético de una superficie con vegetación donde los gradientes verticales de temperatura y humedad del aire son muy pequeños.

Agradecimientos

Agradezco sinceramente al Dr. Daniel Piñero Dalmau y al Dr. Carlos Vázquez-Yanes el apoyo que me brindaron durante este trabajo, ya que sin él no hubiera sido posible su realización.

Referencias.

- Anónimo. 1978. Semiconductor Reference and Application Handbook Cat. No. 276-4002. Radio Shack Corporation. Forth Worth, Texas, USA.
- Barradas, V.L. 1989. El papel de la micrometeorología en las fisiología ecológica vegetal. Boletín de la Sociedad Botánica de México 49 (en prensa).
- Barradas V. L. 1988. Diseño, construcción y evaluación de un psicrómetro ventilado digital. En: Memorias del III Congreso Interamericano de Meteorología y III Congreso Mexicano de Meteorólogos A. C., México, D.F., México.
- Fitzjarrald, D. R. 1979. Lectures on meteorological variables and instruments. Reporte Técnico. 50 pp. Centro de Meteorología Aplicada. Universidad Veracruzana. Jalapa, Veracruz. México.
- Landsberg, J. J. 1984. Physical aspects of the water regime of wet vegetation. In: Physiological Ecology of Plants of the Wet Tropics (Medina, E., Mooney, H. A. y Vázquez-Yanes C. eds.), pp 13-26. Dr. W Junk Publ. The Hague.
- Sargeant, D. H. y C. B. Tanner. 1967. A simple psychrometric apparatus for Bowen ratio determinations. J. Appl. Meteorol. 6: 414-418.

MAS DE UN SIGLO DEL OBSERVATORIO MAGNETICO

Carlos Cañon Amaro.

Magnetismo terrestre

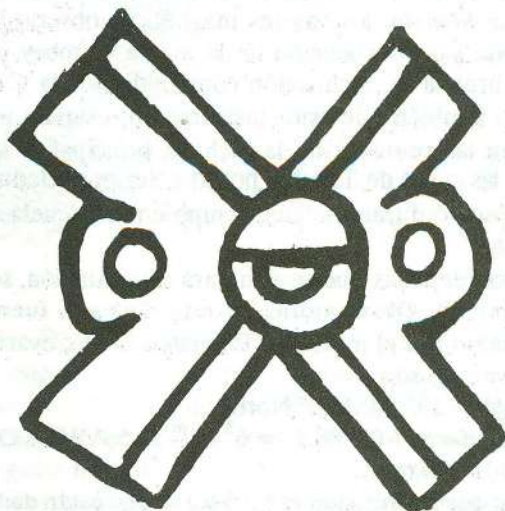
El comportamiento de la tierra como un imán, originó la necesidad de conocer sus causas, esto motivó a gran cantidad de personas para estudiar el magnetismo terrestre. Entre los numerosos científicos podemos mencionar a Pedro Peregrinus que fue el primero que hizo un estudio sobre los imanes; encontró que al fraccionar cada uno de los pedazos se convierte en nuevo imán, descubrió también que se puede obtener un imán, frotando una pieza de hierro con otro imán, además, ideó la brújula sostenida por un pivote.

En 1600 el doctor Gilbert publicó *De Magnete* obra en la que explicaba las propiedades de los cuerpos magnéticos conocidos en esa época. Mencionaba la teoría de que la tierra se asemejaba a un gran imán; para explicar el porqué la aguja magnética se dirigía a los polos magnéticos, suponía que en estos había una gran concentración de material magnético.

Roberto Norman descubrió en 1576 la inclinación de la aguja magnética, inventó una brújula de inclinación con la que midió con gran exactitud la inclinación magnética.

Se puede citar también a Borda quien según Humboldt fue el que descubrió la intensidad horizontal deduciéndola de la diferencia de tiempo en las oscilaciones de un imán suspendido. También está el mismo Humboldt que recorrió una extensa área de la tierra efectuando observaciones magnéticas con las que comprobó la ley de variación de la intensidad magnética; se puede mencionar a Lamont que investigaba en Munich, Ary en Greenwich, Argo en París, Souchi en Roma y sobre todo a Federico Gauss quien en forma más científica presentó razonamientos sobre el magnetismo de la tierra. Debido a ellos y muchos más, fue que se conoce tanto del magnetismo terrestre y también a ellos se debe el diseño de instrumentos que permitieron las mediciones de las componentes de I y H del vector magnético.

El interés tan grande que existía por este conocimiento, hizo que se instalaran un gran número de observatorios magnéticos, que sirven para estudiar el comportamiento del magnetismo terrestre; en 1839 el



Gobierno Británico fundó en Europa y América observatorios magnéticos. El coronel Sabino se hizo cargo de éstos y con los datos obtenidos se comenzó a estudiar la distribución geográfica del magnetismo. Con los datos se dieron también varias leyes de los fenómenos magnéticos y se empezó a encontrar ciertas conexiones entre el magnetismo y las variaciones cósmicas.

Magnetismo en México

En la República se efectuaron determinaciones de la declinación magnética desde fines del Siglo XV. Existen datos de observaciones hechas por el pirata Cavendish en 1576 en la Paz, Cabo Corrientes, así como en Manzanillo. En el Golfo de México hay datos de observaciones hechas por Sir Dudley en 1630 en el Puerto de Veracruz. En el centro de la República los datos más antiguos son los obtenidos en la Ciudad de México por Antonio Alzate y Velázquez de León en 1769 y 1775, así como Alejandro Humbolt en 1797.

Para el año 1867 en la Escuela de Minería se empezó a observar con mayor continuidad tanto la declinación como la inclinación. En varios artículos se menciona esto, pero los datos obtenidos desafortunadamente no se localizaron. El señor Rosendo Octavio Sandoval que recopiló valores de casi todas las observaciones efectua-

das en la República no encontró los datos de los trabajos desarrollados en la Escuela de Ingeniería.

El señor Vicente Reyes, Director del Observatorio Magnético Central, dice en *Memoria para el plano de la Ciudad de México*: El señor Orozco y Berra cita que utilizaron las observaciones magnéticas hechas en la Escuela de Ingeniería. También el ingeniero Santiago Ramírez menciona en su obra *Datos para la Historia del Colegio de Minería*: los valores magnéticos observados con brújula para declinación de la marca Gambey, así como la brújula de inclinación construida por la Casa Blut, dice también que estos instrumentos estaban instalados en las ventanas de la fachada principal, o sea que da a las calles de Tacuba; por lo anterior se deduce que se observó durante algún tiempo en la Escuela de Ingeniería.

Las coordenadas que se dan para esta estación, son las mismas del Observatorio de este Colegio; fueron determinadas por el ingeniero Francisco Díaz Covarrubias, los valores son:

Latitud = $19^{\circ} 28' 12.3''$ Norte

Longitud = $99^{\circ} 07' 08.4'' = 6^{\text{h}} 36^{\text{m}} 28.56''$ W de G

Altitud 2290 mts

Nótese que la precisión es grande, ya que están dadas hasta décimas de segundos de arco.

Aunque el tiempo que se observó este lugar es de 1866 a 1877 no se puede decir que sea el primer observatorio magnético, ya que solamente se trabajan I y D, además al no contar con los datos no se puede saber la continuidad con se hacían las observaciones.

Se puede suponer la fundación del primer observatorio magnético, cuando en 1879 se instaló en el Palacio Nacional el *Observatorio Meteorológico y Magnético, Central*, que dependía de la Secretaría de Fomento. Para albergar los instrumentos de mediciones magnéticas, se construyó en la parte sur de la azotea del edificio de Palacio una caseta de madera y herrajes de bronce; en ella se colocaron un magnetómetro unifilar Tompson para determinar H y D, así como una brújula de inclinación Negretti-Zambra para inclinación. El personal que laboraba en el observatorio era: como jefe el ingeniero Vicente Reyes, como primer observador el señor Miguel Pérez y como segundos observadores los señores Jose L. Collazo y José Zendejas, poco tiempo después se le anexaron 4 auxiliares para trabajos de laboratorio y también de campo, ya que los domingos se usaba el equipo para efectuar observaciones en las cercanías de la ciudad.

Las coordenadas geográficas de este observatorio fueron:

Latitud = $19^{\circ} 26'$ Norte

Longitud = $99^{\circ} 06' 45'' = 6^{\circ} 36' 27''$ W de G

En mayo de 1887 el Gobernador de Palacio, general Agustín Pradillo, ordenó colocar una torre de hierro cercana al pabellón de observaciones magnéticas, esto motivó que se afectaran los valores magnéticos por lo que suspendieron las labores terminando así la primera etapa del observatorio.

Los valores obtenidos en este lugar, están publicados en *Elementos Magnéticos de la República Mexicana* por el señor Rosendo Octavio Sandoval, (Sandoval, 1950).

En abril del año 1889, hace un siglo, el Director del Observatorio Astronómico de Tacubaya, ingeniero Angel Anguiano, inició lo que sería el Segundo Observatorio Magnético, ya que en los jardines del Observatorio de Tacubaya se edificó un pabellón exprofeso para el observatorio magnético. Este pabellón estaba en el lugar que ocupa actualmente la Estación Sismológica de Tacubaya; el equipo que se instaló fue un magnetómetro Elliot Dover No. 123 para D y H, además de una brújula de inclinación marca Negretti-Zambra para I. Posteriormente, se instaló un juego de variómetros Carpentier para registro continuo. El encargado del observatorio fue el señor Moreno y Anda.

Las coordenadas geográficas de este observatorio fueron:

Latitud = $19^{\circ} 24' 18''$ Norte

Longitud = $99^{\circ} 11' 40'' = 6^{\text{h}} 36^{\text{m}} 46.7^{\text{s}}$ W de G

Altitud 2290 mts

Este observatorio funcionó hasta el año 1902 fecha en la que se inauguró la vía de tranvías eléctricos que pasaba por las calles de Observatorio y que afectó los valores magnéticos, por lo que hubo necesidad de cambiar de lugar; los datos de las observaciones de 1889 a 1902 aparecen en la publicación (Sandoval, 1950).

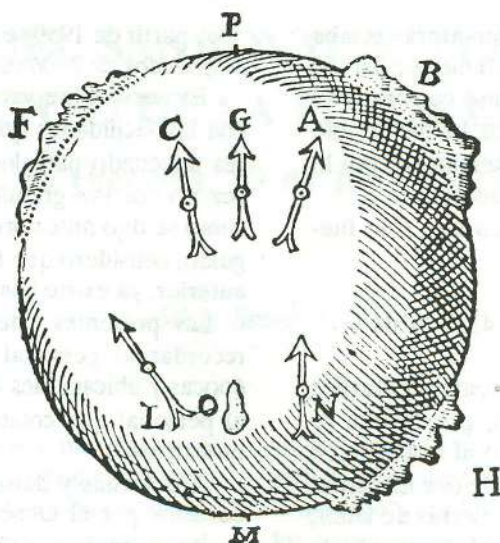
En 1903 se cambió el observatorio al pueblo de Cuajimalpa. En ese lugar se colocaron los aparatos que se tenían en Tacubaya, como fueron el magnetómetro Dover, la brújula Negretti-Zambra, así como los variómetros Carpentier. Para hacerse cargo de este observatorio se nombró al matemático Don Sotero Prieto y también trabajaron el ingeniero Joaquín Gallo y el señor Antonio Gómez. Las coordenadas geográficas fueron:

Latitud $\phi = 19^{\circ} 22' 24''$ Norte

Longitud $\lambda = 99^{\circ} 17' 00'' = 6^{\text{h}} 37^{\text{m}}$ W de G

Altitud 2783 mts

En este observatorio se hicieron observaciones de 1902 a 1911; durante el tiempo en que se trabajó hubo problemas con los variómetros, por esta razón los valores consignados en la publicación, Sandoval 1950, no aparecen completos. Al prolongarse la línea de tranvías eléctricos hasta la estación *La Venta*, lugar cercano a Cuajimalpa, nuevamente se afectaron las condiciones



necesarias para los estudios megnéticos, por lo que, por segunda vez, se tuvo que cambiar el observatorio.

Estando como Director del Observatorio Astronómico el ingeniero Valentín Gama, se abocó a elegir un lugar que fuera conveniente para instalar el Observatorio Magnético, decidiéndose por el pueblo de Teoloyucan, Edo. de México. Este sitio está al Norte de la Ciudad de México, aproximadamente a 36 kms. Los terrenos que se ocuparon eran de la Secretaría de Fomento. En ellos estaba instalada la Estación Meteorológica, también se contó con un terreno cedido por la Presidencia Municipal de Teoloyucan, contiguo al Palacio Municipal. El terreno tenía una superficie de media hectárea aproximadamente. No fue lo suficientemente grande para las condiciones que se requieren para un observatorio magnético, las construcciones que colindaban con el observatorio, casi todas de adobe o de tepetate, en nada afectaban a los estudios que se desarrollarían, pero, si se hubiera conseguido un predio de mayor área el observatorio aún continuaría trabajando en este sitio. Para alojar los magnetómetros se construyeron dos pabellones, uno para los variógrafos y variómetros y otro para los aparatos de medidas absolutas. El equipo que se instaló fue el mismo con el que se observaba en Cuajimalpa. Este equipo sólo funcionó unos meses, ya que el movimiento armado de 1912 obligó a que se desmontara el equipo y se trasladara al observatorio de Tacubaya, donde permaneció guardado. En 1916 se reinstaló el observatorio, mas por lo precario de las condiciones las observaciones fueron muy irregulares.

Para hacerse cargo del observatorio se nombró a los señores Julio Prieto y Fernando Aldama Lari. Al enfermar este último en 1919 se le encargó el observatorio al

señor Rosendo Octavio Sandoval. A Pesar del interés de este investigador, por diversas causas, tales como falta de papel fotográfico, desajuste en variógrafos y otras, el observatorio continuó trabajando en forma irregular hasta el año de 1921. En ese año se adquirieron los magnetógrafos Mascart, y también un magnetógrafo Dover, un galvanómetro con inductor terrestre de la marca Edelman, así como una balanza magnética. Ya con estos instrumentos se pudo normalizar y desarrollar el trabajo con gran precisión. En 1929 se compró un magnetómetro tipo C.I.W. y en 1931 se obtuvieron los magnetómetros tipo Eschenhagen de la Casa Askania. Así, desde 1923 hasta 1953 sólo con pequeñas interrupciones, el observatorio estuvo trabajando, siempre bajo la dirección del señor Sandoval, colaborando con él, el ingeniero Augusto Rojas Aranda. Al fallecer el señor Sandoval en 1953, se nombró al señor Sergio Ferráez, en este tiempo estudiante de la carrera de matemático, jefe del entonces ya Departamento de Geomagnetismo, que dependía del Instituto de Geofísica, el cual se fundó en 1947 aunque empezó a funcionar hasta el año de 1949. Los valores obtenidos durante estos años aparecen publicados en Sandoval 1950.

Como los variógrafos después de funcionar 22 años adolecían de algunos defectos, se enviaron en 1954 a modificar y calibrar al Observatorio de Cheltenham del Coast and Geodetic Survey (C. en G. S.). Regresaron a Teoloyucan en el segundo semestre de 1955, encargándose de instalarlos el estudiante de matemáticas señor Eduardo Salyano Jaramillo, bajo las instrucciones del señor Ralph R. Bodle, del C. and G. S. El señor Salyano se encargó del observatorio hasta el año de 1959, posteriormente me hice cargo del observatorio.

Como se dijo anteriormente el observatorio estaba ubicado junto al edificio del Palacio Municipal. Al remodelarse éste en 1978, se introdujo en su construcción una gran cantidad de material magnético, lo que originó una anomalía artificial que afectó al observatorio, por lo que nuevamente hubo necesidad de mudarlo.

Las coordenadas del observatorio en este sitio fueron:

Latitud = $19^{\circ} 44' 47.5''$ Norte

Longitud = $99^{\circ} 10' 00.4'' = 6^{\text{h}} 36^{\text{m}} 43.6^{\text{s}}$ W de G

Altitud 2280 mts.

Para hacer este cambio se tomó en cuenta los muchos años de observaciones en Teoloyucan, por lo que se optó por trasladarlo a un lugar cercano al sitio en que se encontraba. Se consiguió un terreno de dos hectáreas junto al panteón municipal rodeado de tierras de labor, esto puede ayudar a que durante un periodo grande de tiempo se pueda seguir trabajando sin problemas. El equipo que se instaló fue el mismo que se tenía en el otro observatorio, esto es: los variómetros Askania y para medidas absolutas, el magnetómetro Ruska 3055 para observar D así como los magnetómetros Q, H, M para observar H y un magnetómetro de precisión nuclear marca Geometrics para observar F; hasta el año de 1985 me encargué del observatorio, haciéndose cargo después el físico Carlos Cañon Martínez quien manejó el observatorio hasta 1987, desde esta fecha el ingeniero Alejandro Godínez es el responsable del observatorio.

Las coordenadas geográficas de este nuevo observatorio son:

Latitud = $29^{\circ} 44' 45.1''$ Norte

Longitud = $99^{\circ} 10' 35.74'' = 6^{\text{h}} 33^{\text{m}} 36.29^{\text{s}}$ W de G

Altitud 2282 mts.

A partir de 1950 se ha hecho una publicación: *Valores Magnéticos de Teoloyucan*.

El nuevo observatorio se ha construido, de acuerdo con las facilidades que se han tenido, tratando de que sea adecuado para los estudios de geomagnetismo, tal vez no sea tan grande como los de otros países, pero como se dijo anteriormente, es lo más que se ha conseguido, considero que comparándolo con el observatorio anterior, ya existe bastante mejoría.

Las presentes líneas se han escrito con el fin de recordar al personal que ha pasado en sus diversas épocas y ubicaciones del observatorio, falta mencionar al personal que colaboró y que no ocupó puestos significativos.

Las fechas y datos se han tomado de los boletines editados por el Observatorio Astronómico de Tacubaya, desde el número 1, También se tomaron datos de algunos artículos de los señores ingeniero Joaquín Gallo y Rosendo Octavio Sandoval, investigadores que dedicaron gran parte de su tiempo a estudios de geomagnetismo.

Como se puede apreciar el Observatorio Geomagnético ha tenido distintos períodos, unos en los que tuvo gran impulso pero que ha ido decayendo; desafortunadamente en la actualidad es poca la atención que se le da por parte de las autoridades del Instituto de Geofísica; considero que esto es por el desconocimiento que se tiene del magnetismo y de la relación que existe en otras ramas de la geofísica, como son la sismología; la prospección, la vulcanología aún con la meteorología; corresponde a los pocos investigadores que hay en esta área el hacer que nuevamente se tome en cuenta esta actividad.

DON MANUEL SANDOVAL VALLARTA Y EL RENACIMIENTO DE LA FÍSICA EN MÉXICO

(Fac. de Ciencias, 19 de julio de 1989)

*Silvia Bravo **

El tema de esta Mesa Redonda se encuentra ligado al Renacimiento de la Física en México, con el nombre del Dr. Manuel Sandoval Vallarta. Esta unión establece una relación causal que acredita al Profesor Sandoval Vallarta un papel preponderante en la génesis de las actividades en física que ahora realizamos en nuestro país.

Don Manuel Sandoval Vallarta fue profesor de esta Facultad mucho antes de que la mayoría de los que estamos aquí presentes formáramos parte de su alumnado. Es más, la mayoría de nosotros ni siquiera habíamos nacido cuando él ya instruía a los que entonces eran los futuros físicos y hoy constituyen la generación de nuestros maestros y, para ustedes, los más jóvenes, la de los maestros de sus maestros. Su actividad, como investigador de esta universidad, cesó hace más de veinticinco años y murió hace ya doce.

Pero estamos hoy aquí, y durante todas estas jornadas haciendo por primera vez, un inventario de su herencia y recordándolo no como quien recuerda a un prócer del pasado, sino como quien habla de un querido amigo. Don Manuel sigue estando presente.

Las personas como el Profesor Sandoval Vallarta rebasan su espacio y su tiempo. Tienen una quinta dimensión que las hace perdurables y que lleva su influencia mucho más allá de lo que directamente influyeron; que permite que su imagen se transmita a través de las generaciones y que aun los que no fuimos sus alumnos, ni mucho menos sus colegas, podamos seguir considerándolo nuestro.

Si la física en México alguna vez murió o estuvo agonizante y volvió a nacer como resultado de la influencia vivificadora de Don Manuel, es algo de lo que yo no puedo dar fe; no estaba ahí. Pero si estuve cuando siendo yo aún estudiante se le brindó un homenaje con motivo de su septuagésimo aniversario. "Don Manuel

ya está muy grande -se decía-; no queremos que se nos muera antes de que podamos rendirle los honores que se merece"; era la justificación que se escuchaba entre los organizadores del evento.

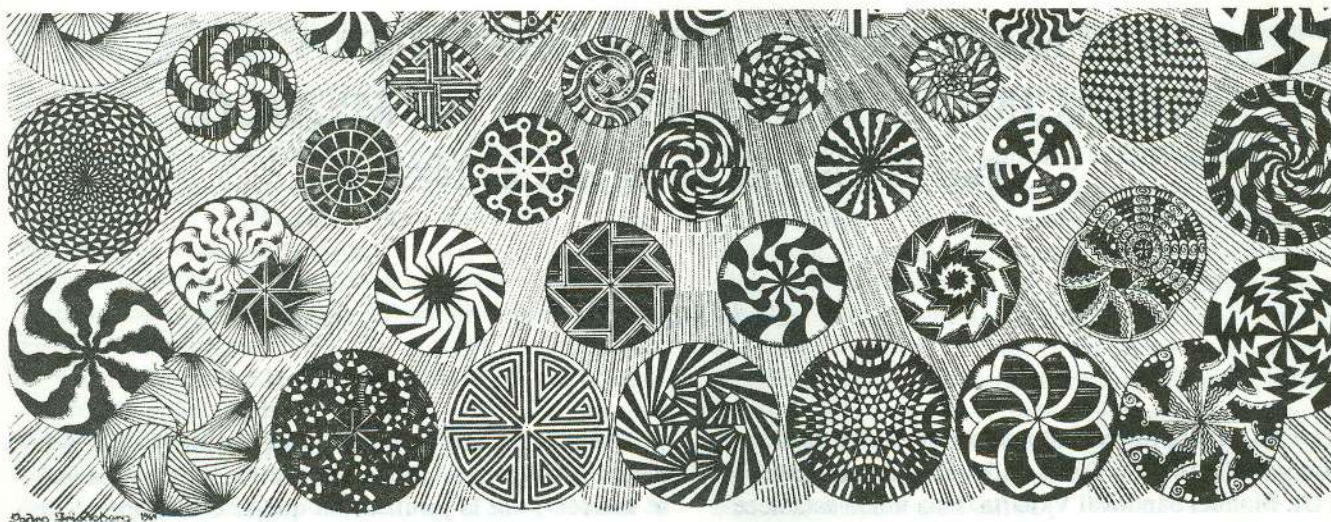
!Y si que fue un evento! Toda una pléyade de renombrados científicos, incluyendo ganadores del Premio Nobel, procedentes de muy diversos países, se reunieron en el Museo de Antropología del bosque de Chapultepec para honrar a Don Manuel, al admirado científico, al respetado profesor y al entrañable amigo... Antes de que Don Manuel Sandoval Vallarta significara algo para mí, supe lo que significaba para todos ellos.

Cuando se es estudiante de física en un país tercermundista como México, que se considera que tiene una escasa tradición científica en esta área, donde se dispone de muy pocos recursos para la investigación y donde existe un reconocimiento casi nulo a esta labor por parte de la sociedad y el gobierno, se tiende a considerar que cualquier cosa que se haga en ciencia será inevitablemente mediocre o que, en todo caso, si nuestro trabajo lo es, nadie puede echarle a uno la culpa.

Pero cuando vemos y escuchamos a todos esos respetables científicos del primer mundo ponerse de pie y aplaudir calurosamente, con admiración y respeto, a un científico mexicano, la imagen tercermundista desaparece, se vuelve absurda la consideración de la falta de una tradición científica, se convierte en irrelevante la carencia de apoyo material o de reconocimiento en nuestra sociedad y se afirma un compromiso.

Ese día en el Museo de Chapultepec, mucho antes de que yo pudiera balbucear mis primeras palabras propias como científica, supe, a causa del Profesor Sandoval Vallarta, que si quería de veras dedicarme a la física iba a tener que ser en serio; que existía ante los ojos del mundo una imagen de científico mexicano que no desmerecía ante la de ningún otro y que correspondía a la de alguien a quien llamaban con respeto "colega". Des-

* Participación en el Homenaje a Don Manuel Sandoval Vallarta, realizado en la Facultad de Ciencias el 19 de julio de 1989.



cuabrí entonces que había ya en la física mexicana “un prestigio que cuidar”. Fue un renacimiento personal.

Poco después, cuando durante un Congreso de la Sociedad Mexicana de Física tuve oportunidad de platicar largamente con el Profesor Sandoval Vallarta conocí y empecé a querer a la persona que existía dentro del personaje. Con dulzura y cierto tono paternal (más bien de abuelo), me platicaba anécdotas y preguntaba por mi trabajo de tesis de licenciatura (que versaba sobre radiación cósmica) y sobre mis planes futuros. Me hablaba de la importancia de seguir manteniendo vivos este tipo de estudios y del gusto que le daba ver gente joven interesada en ellos.

Cuando concluí mi tesis tuve el honor (y la angustia) de que me invitara a presentarla en el seminario que se organizaba todos los viernes por la tarde en la Comisión Nacional de Energía Nuclear. Durante este seminario, Don Manuel se sentaba en la fila de hasta atrás, pero su presencia llenaba todo el salón. El seminario de los viernes por la tarde en la Comisión de Energía Nuclear era el seminario del Profesor Sandoval Vallarta. A pesar de lo torpe de mi presentación, recibí al final una calurosa y cariñosa felicitación por parte de Don Manuel y una entusiasta invitación, casi presión, para que continuara yo con esos estudios.

Nunca más volví a verlo, pero nunca lo he sentido lejano. Considero, y seguramente también todos mis compañeros del departamento de física espacial del Instituto de Geofísica así lo sienten, que estamos trabajando en su territorio, que somos sus herederos, que las ciencias espaciales y el privilegio de trabajar en ellas nos pertenecen gracias a que antes le pertenecieron a él. Si no fuera por él, seguramente estaríamos dedicados a otra cosa.

La física de rayos cósmicos sigue teniendo desarrollo en México. Hoy cuenta en la UNAM con una estación en Ciudad Universitaria en la que opera regularmente un monitor de neutrones y pronto entrará en operación un telescopio de mesones totalmente construido en nuestro país. Seis investigadores activos, dos más a punto de incorporarse al grupo después de su posdoctorado, siete técnicos y doce estudiantes en diferentes niveles siguen desarrollando, con una diversidad cada vez mayor, los estudios que trasplantara a México el Dr. Sandoval Vallarta hace casi cincuenta años. Las ciencias espaciales, de las cuales la física de rayos cósmicos constituye ahora sólo una parte, han crecido enormemente, principalmente a raíz del impulso que a principios de la década de los sesentas recibieron de la tecnología satelitaria y, posteriormente, de las sondas espaciales. Incluyen ahora el estudio de todos los cuerpos que pueblan el sistema solar, sin excluir por supuesto al Sol mismo, y las observaciones y el modelado de la propagación de la radiación cósmica, tanto en los campos magnéticos de los planetas como en el medio interplanetario, constituyen ahora una herramienta útil para la exploración del espacio que nos rodea.

Aunque el principal campo de trabajo del Dr. Sandoval Vallarta fueron los rayos cósmicos, no solamente la Física Espacial está en deuda con él en nuestro país. Como seguramente oirán a lo largo de este ciclo de conferencias, toda la física mexicana, de modo directo o indirecto, debe mucho a Don Manuel. Y esa deuda es del tipo que sólo se pagan con trabajo, bueno y comprometido. Sirva este homenaje que se le brinda ahora, con estas jornadas para recordar al gran hombre, para rendir tributo al gran científico y para reforzar con él nuestro compromiso.

HACIA UNA NUEVA HIDROGEOLOGIA

J. Joel Carrillo R.

Nuestro comportamiento termina siempre por asemejarse a nuestro pensamiento P. BOURGET

La actitud fundamental del enfoque tradicional de los estudios de aguas subterráneas permitió, hasta muy recientemente, fomentar una paralización de su conocimiento, como fenómeno y como recurso. Esto es, el enfoque de los estudios separaba los esfuerzos de hidrólogos, hidrogeólogos, entre otros.

Esta postura ha sentido un cambio sensible en los últimos años, al conocerse en forma definitiva la esencia geológica de los conceptos y modelos de flujo, desarrollados dentro de una filosofía que considera la unidad hidrogeológica. En efecto, estos modelos han sido el resultado de planteamientos dentro de un marco interdisciplinario que abarca el entendimiento de fenómenos, que convergen en las ciencias exactas y naturales.

Lo anterior es de gran importancia, porque implica que la investigación de flujo subterráneo es un área común donde confluyen ciertos conceptos de interés análogo propios de la hidráulica, mecánica de suelos, agricultura, mecánica de rocas, geología, meteorología, biología, química, física, radiología, geofísica, petróleo, etc. Esto se debe a la analogía entre conceptos que se manejan en cada una de estas ciencias, que pueden quedar integrados en leyes como la de Ohm, Darcy, ecuación de Fourier, etc.

Debido a que las aguas subterráneas están fuera del campo visible (excepto cuando afloran), la determinación de la dirección, sentido y velocidad de flujo en tiempo y espacio (amén de su calidad), requiere del empleo de técnicas esencialmente indirectas, que perte-

necen a un campo interdisciplinario sólo limitado por un reconocimiento insuficiente en el investigador. Por supuesto, la delimitación del agua subterránea como sistema de interacción, con otras unidades del ciclo hidrológico, debe reconocerse.

La naturaleza de la definición del problema estará acorde con la complejidad del sistema a conocer y los métodos usados. Debido a esto, debe alentarse la integración interdisciplinaria en problemas de flujo subte-

rráneo. En sentido estricto, esta sumatoria debe incluir diversos puntos de vista y criterios de formulación, como el pragmatismo del usuario, el descriptivo y evolucionario del geólogo, el técnicamente orientado del hidráulico, el riguroso del matemático aplicado o el del posible ortodoxo como el físico o químico, en la interpretación de las leyes que manejan.

Es de hacer notar que cuando una parte de las leyes o de los parámetros que rigen el flujo del agua subterránea no está cabalmente definida en el sistema estudiado, el conocimiento acerca de los conceptos implicados es incompleto. Por lo tanto, tales puntos deberán afinarse hasta conocerse plenamente, e incluso comprobarse, por medio de modelos análogos desprendidos del conoci-

miento de otras ciencias.

Esta última esencia es de especial importancia en países donde la información no está disponible en la cantidad y, a veces ni en la calidad precisada. Lo anterior reconoce la necesidad implícita de que la definición de los problemas en aguas subterráneas se lleve a cabo por medio de planteamientos multidisciplinarios, a través de varios esquemas (modelos) parciales (geoló-



gico, hidráulico, geofísico, hidrogeoquímico, matemático, etc.) que representen sistemas análogos de funcionamiento roca-agua y, en casos complementarios, que puedan ayudar al mejor planteamiento del problema.

Prodría preguntarse ¿cuál sería la naturaleza del problema? Este es un concepto que debiera evolucionar. Antaño, el problema fundamental era el abastecimiento puntual, el que estaba dictado por las necesidades locales, y que en la mayoría de los casos se pudo resolver por la localización, perforación y construcción exitosa de un pozo. En efecto, anteriormente el conocimiento de un acuífero estaba restringido a la detección de agua subterránea y a su parametrización en términos de caudal y calidad puntual a obtenerse. Sin embargo, el crecimen-

to de las necesidades y el uso intensivo consecuente de los recursos subterráneos ha obligado a cambiar la escala de muchos de los proyectos de aguas subterráneas; escala que debe comprender YA la identificación y definición del sistema de flujo involucrado, esto es, establecer su naturaleza local, intermedia y/o regional.

Concretando, la evaluación hidrogeológica, además de tener un carácter interdisciplinario, deberá considerar conceptos de análisis de sistemas de flujo. Esto permitirá establecer planteamientos de control y optimización (parcial) que puedan tender a un control óptimo integral posterior del uso del agua como recurso. Uno que debe llegar a un manejo completo del agua como inversión.



HACIA UNA DEFINICION DINAMICA FORMAL DE LA UNIVERSIDAD Y EL INSTITUTO DE GEOFISICA COMO UNO DE SUS SUBSISTEMAS

Jorge Carrera Bolaños

Introducción

De la necesidad de precisión de los conceptos. Lee-
mos en la Lógica de Hegel que el filósofo no nece-
sita inventar nuevas palabras, que el vocabulario real,
hablado y escrito le depara suficiente campo de trabajo.
En especial aquellas palabras que sintetizan en sí signi-
ficados opuestos, contradictorios, deben ser motivo de regocijo para
el alma presta a la reflexión. Es entonces válido el uso de pala-
bras cotidianas, pero bajo la pre-
misa de que en cuanto el discurso
quiera sobrepasar el nivel superfi-
cial es necesario no sólo delimitar
y aclarar, a veces es necesario un
acto de creación en esa sutil dife-
rencia entre lo empírico y aquello
que anhela llegar al fondo del
asunto.

Sobre todo en momentos de
crisis o transformación (o aún de
consolidación), el uso puramente
intuitivo de los vocablos puede
llegar a constituir un freno o una
desviación el proceso. Como
ejemplo actual dentro de la
UNAM tomemos la palabra de-
mocracia. Intentemos dar una de-
finición del concepto que ella
representa, así sea en forma preliminar. Refiramos ese
concepto a la problemática actual. El resultado es nece-
sariamente insatisfactorio en su confrontación con las
diferentes concepciones que actualmente juegan un pa-
pel predominante en la vida universitaria (¿o alguien
pretendería que el CEU y el rector coinciden en lo que
significa democracia?). En este punto del problema es
incluso de resonancia, ya que aplicamos un concepto de
significado ambiguo a la vida de una entidad semiabs-

tracta denominada UNAM, que no tiene fija su concep-
tualización.

Señalemos otra serie de problemas y cuestiones a las
cuales únicamente una concepción clara de lo que es,
cómo es y qué debe ser la UNAM puede dar una res-
puesta sin asomos de arbitrariedad.

- ¿Debe continuar la UNAM
proporcionando servicios educa-
tivos de nivel medio (bachillera-
to)?

- ¿Tiende la UNAM o se in-
tenta llevarla a convertirse en
una fábrica de tecnócratas?

- En qué se diferencia la
UNAM de una Subsecretaría de
Educación Superior y Cultura
para el D. F., etc.

El intentar dar respuesta a los
planteamientos anteriores nos
haría divagar demasiado, pero in-
discutiblemente, nos ayudaría en
la tarea a que nos avocamos.

Surgirían conclusiones impor-
tantes al tratar a la universidad
como un sistema con entradas,
salidas, cambios de estado, con-
diciones estructurales, así como
el establecimiento de las acciones
más generales de funcionamien-

to. Al incluir los aspectos de retroalimentación, la idea
sería llegar a la concepción de una universidad como
una estructura cibernética; meta deseable, pero hacia la
cual sólo daremos unos pocos pasos por el momento.

Para finalizar esta sección, unas pocas palabras acer-
ca del uso de la palabra formal en el título. La posibi-
lidad de confrontación de conceptos, como en el caso de
democracia y universidad, no se realiza en un nivel prác-
tico (ahí las confrontaciones son de otro tipo), aunque



se retroalimente de la praxis. El nivel de discusión exige un cierto grado de formalización. Tomemos, por ejemplo, el concepto maestro. Si hicieramos nuestra analogía con el caso de los ingenieros, señalando que un ingeniero es quien se prepara específica y concentradamente, a lo largo de un tiempo mínimo, para asumir una determinada función, y al que además se le exigen ciertos requisitos formales (título) para poder ejercer, entonces resultaría que lo que menos hay en la UNAM son maestros. Algunos, con suerte, hemos tomado algún cursillo, y no más.

Es por ello que una definición implica aspectos abstractos, formales, para escapar del *maremagnum* de los casos particulares.

Que es una universidad en sentido amplio

En este nivel, cualquier intento de aproximación al concepto implica el uso de una caja negra: la universidad como algo que procesa información y estudiantes, convitiéndoles en conocimiento, cultura, médicos, abogados, etc. El cómo se lleva a cabo ese proceso, es factor de particularización en cada caso.

Enumeraré ciertas características de lo que en mi opinión es una universidad:

- i) un conjunto estructurado de personas, bienes materiales e intelectuales;
- ii) un conjunto semiordenado (en sentido matemático) por las jerarquías (incluso poseé un elemento de mayor jerarquía);
- iii) está ligado a un territorio delimitado;
- iv) poseé atribuciones jurídicas especiales hacia el exterior;
- v) hacia el interior, tiene una estructura jurídica propia (compatible con la estructura jurídica de su entorno);
- vi) tiene un cierto tamaño mínimo;
- vii) su campo de acción no es especializado como conjunto, pero sí en sus elementos, etc.

Lo anterior con base en:

- a) llevar a cabo un proceso de transformación de ciertas personas en determinados campos del saber y la práctica humanos; dichas personas deben llegar a adquirir un nivel mínimo de dominio de su materia, pudiendo sobrepasarlos sin límites;
- b) absorber el estado actual de conocimiento, tanto teórico como práctico, en los campos en que trabaja;
- c) retroalimentarse tanto para mantener su nivel como para aumentarlo;
- d) colaborar con el incremento cuantitativo y cualitativo del corpus cultural de la sociedad; esto conlleva un papel activo de interacción con su entorno; etc.

Algunas son funciones encomendadas por la sociedad, mientras que otras son intrínsecas de una universidad.

La complejidad de funcionamiento permite afirmar *a priori* que la estructura interna también será altamente compleja. Entre otras, habrá necesidad de una subestructura de manejo de la información pertinente al sistema en sí (sus miembros y su status, bienes materiales etc.) y a sus relaciones con el exterior. Habrá necesidad de una subestructura jurídica y otra jerárquica (autoridades). Además de subsistemas, como el de mantenimiento de bienes, que no llegan a ser una subestructura, cabe mencionar subsistemas como el de cómputo que están llamados a jugar un papel cada vez más importante pero que no serán considerados por ahora.

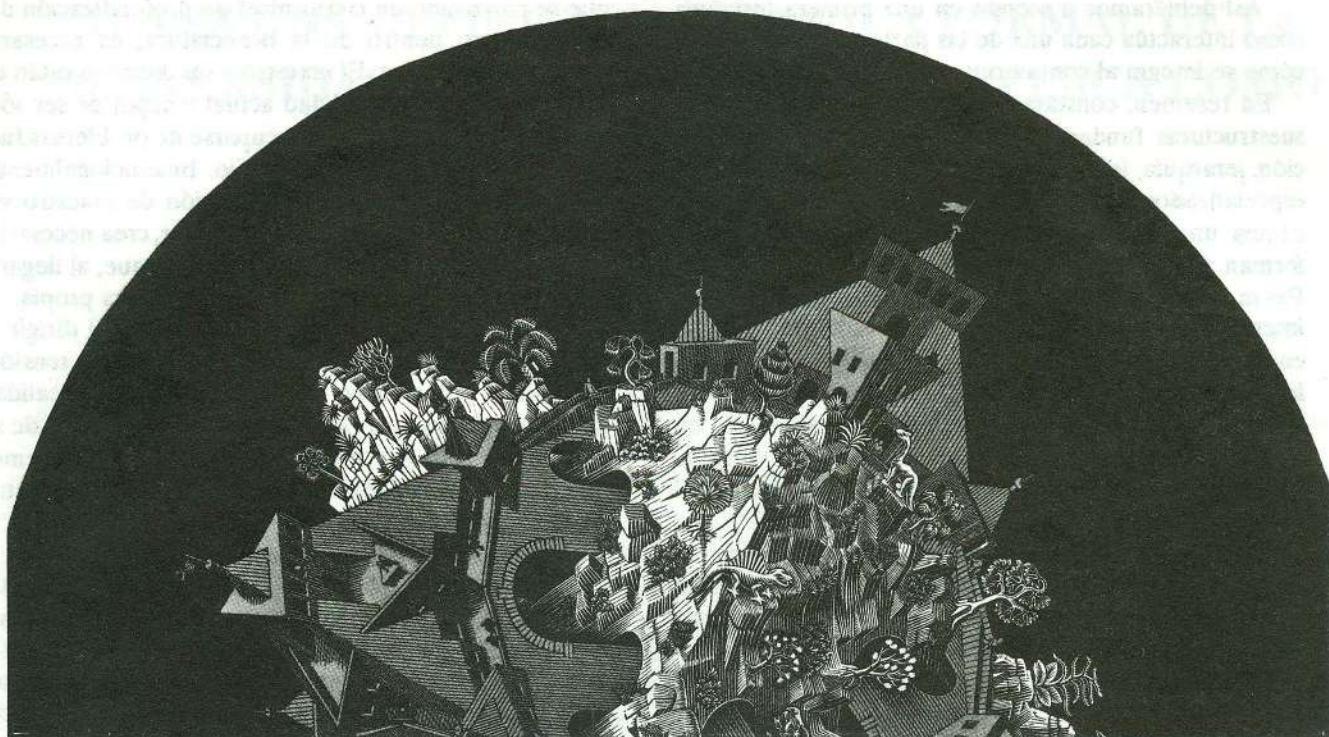
En especial, se necesita una consolidación administrativo-formal del sistema. En este nivel de abstracción, podría suponerse que este aparataje surja *a posteriori*, en función estricta de la operatividad del sistema. En el caso concreto, real, como bien sabemos, esta subestructura tiene también su dinámica interna y tiende a ser más bien una estructura paralela, con intereses propios, no siempre subordinados.

Hacia una concepción de la UNAM

Para intentar dar una definición de una universidad concreta, es necesario fijar los parámetros libres de la definición general. Lo que en este caso significa definir el sistema jurídico y jerárquico particular, que podemos pensar esté establecido en la ley orgánica de la UNAM. Asimismo, podemos asumir como suficientemente claro el aspecto territorial. El grado de generalización de su campo de acción podría quedar esclarecido con la enumeración de sus subconjuntos académicos.

En lo que nos ocupa, es de mayor importancia definir qué se entiende por el nivel mínimo a que un estudiante debe acceder antes de obtener un título (o sea, un reconocimiento formal de parte de la UNAM). El famoso chisme que corre por ahí acerca de empresas privadas que prefieren hoy egresados de instituciones privadas, debe hacernos reflexionar sobre la importancia de este punto. Por nivel de preparación, no debería entenderse el haber pasado las materias y escrito "algo" para justificar un examen profesional. Sin embargo, parecería que en muchos casos estas formalidades dictan la capacidad del alumno para exigir de la UNAM un título. Aquí paradójicamente, la práctica pudiera ser más formal (en sentido burocrático) que estas reflexiones un tanto abstractas.

También la repercusión que tenga la universidad en su medio ambiente nos enseña mucho sobre ella, lo cual



es fundamental en los casos de difusión de la cultura y generación de conocimientos.

Ahora bien, la forma de llevar a cabo sus funciones quizá sea aquello que más individualiza a una universidad y es aquí donde desde un punto de vista general, vale la pena profundizar un poco.

Dediquemos un poco de nuestra atención al flujo de estudiantes. En el caso real, tenemos que incluir a quienes no pudieron terminar sus estudios, los cuales a su vez podríamos diferenciar en "semiespecialistas" y aquellos que simplemente desertaron en algún momento, y cuyo paso por la universidad no tuvo repercusiones de importancia en su vida profesional posterior. Ambos grupos dan una medida de cumplimiento correcto o incorrecto de una de las funciones más importantes de la UNAM.

Al empezar a visualizar la estructura interna por medio del flujo de estudiantes, constatamos frente a una conducta bastante estática (¿o extática?), cíclica, de las estructuras docentes y administrativas, en relación con el alumnado una conducta curiosamente errática de este último, muy manifiesta en los niveles de licenciatura.

El adjetivo a utilizar es errático, pues no son predecibles los aspectos básicos de comportamiento del estudiantado como el momento de recibirse, la calidad de tesis, etc.; aunque algunos otros sí sean comprensible-estadísticamente. Esto indica la no consolidación es-

tructural de este subconjunto o una degradación de su nivel de organización frente a las tareas que desempeña.

De ser así, es evidente que los engranajes con las dos subestructuras más allegadas al estudiantado -la docente y la administrativa- deben ser muy elásticas o encontrarse desgastadas. Para no decidirnos de entrada por una de las dos opciones debiéramos analizar la relación del estudiantado con el resto del sistema. En especial una relación quizá tensa, pero de acatamiento y respeto hacia las autoridades, sería señal de enlaces elásticos. La desobediencia y el desafío muestran desgaste. Sin profundizar en ello, quiero solamente señalar que me es incomprensible la evolución de las exigencias administrativas sobre el alumnado hasta el relajamiento actual.

Otra cuestión de engranaje entre subpartes del sistema en la que sería de interés profundizar es la relación empleado-empleador en la UNAM. En el caso de los trabajadores administrativos, por ejemplo es más clásica que con los investigadores, lo que contribuye a la paralización de este sector que ya se ha mencionado.

En el caso de la investigación y producción de conocimiento, la participación del alumnado podría hacer suponer una gran relevancia de la interacción con el subsistema docente y con el mismo cuerpo estudiantil. Sin embargo, en muchos casos la relación de esta parte con el todo se da en aspectos básicos, a través de las autoridades.

Así debiéramos ir viendo en una primera instancia cómo interactúa cada una de las partes con las demás y cómo se integra al conjunto total.

En resumen, constatamos un cuerpo organizado en subestructuras fundamentales de docencia, administración, jerarquía, investigación y difusión, con subsistemas especializados como el de cómputo. A través de ellas, circula un flujo de personas llamado estudiantes que forman un cuerpo con poco nivel de estructuración. Existe, además, un flujo de conocimientos y cultura que intenta ser de más relevancia en su salida que en su entrada. Encontramos, también, un cierto intercambio e intersección entre las subestructuras docente, de investigación y el alumnado. La jerarquía se alimenta, en principio, con personal académico aún cuando durante su función como autoridad sus características académicas pudieran llegar a cesar por completo.

Las subestructuras de presencia más amplia (lo cual no es sinónimo de mayor importancia) son la jerárquica y la administrativa. Es por ello que una de las tareas de la primera es prestar coherencia al accionar del conjunto, tanto en sus aspectos funcionales como en el espíritu de lo que debe ser la UNAM. Por lo mismo, es de esperarse que la psicología de los altos niveles jerárquicos llegue a permeare características importantes del sistema. También es de esperarse que en momentos de crisis, aquellos sean fuertemente afectados y cuestionados.

Ahora bien, el peso básico de la función de coherencia no tiene por qué recaer en las autoridades. En una universidad de gran apego a sus funciones, es más natural que el personal docente o el académico en su totalidad asuman esa responsabilidad. De no ser así el estudiantado tiende a querer ser quien defina qué es y para qué es la universidad. Invocarán para ello un principio de democracia que la falta de presencia directiva de otras instancias quizá permita que llegue a calificarse como correcto.

El subsistema de la investigación

Aún cuando la existencia misma del subsistema pudiese parecer natural (sobre todo a sus miembros) son posibles otras formas de incorporar la investigación al quehacer universitario diario. Una de ellas, frecuente en otros lares, es que los campos entre el maestro y el investigador no estén separados, quedando la mayoría de los institutos y centros especializados fuera de la universidad. La UNAM es una fuerte extensionalidad (en economía se habla de horizontalidad), manifiesta también respecto al bachillerato.

Es necesario decir al menos unas palabras sobre la lógica de la investigación en una universidad. Una vez

que se ha pasado de cierto nivel de profundización del conocimiento dentro de la licenciatura, es necesario trascender esa etapa. El maestro y sus alumnos están en contradicción con su calidad actual y dejan de ser sólo maestros y estudiantes para ocuparse de problemas fuera de su esfera original de trabajo. Institucionalmente, debe entonces ampliarse la definición de maestro y/o crear una nueva categoría, *el investigador*, crea necesariamente una diferenciación en el conjunto que, al llegar a cierto tamaño, hace surgir una subestructura propia.

Podemos ver esta situación claramente al dirigir la mirada hacia los posgrados; surgen de la misma tensión, pero ahí la solución no fue antagónica con la calidad docente y sólo poco a poco han adquirido, a pesar de su relevancia, ciertos atributos de subestructura. Vemos que en ese proceso se da un acercamiento al subsistema de la investigación.

Si bien el surgimiento de una subestructura de la investigación es explicable dentro de la dinámica del conjunto, es menos clara su diferenciación en dos partes. Me atrevería a decir que desde el punto de vista estrictamente académico, esta subdivisión hubiese tenido lugar de no mediar un fuerte prejuicio al respecto en la sociedad en la que la UNAM se encuentra inmersa.

Si recordamos que una de las características de una universidad es su territorialidad, está claro que sus subsistemas tenderán a exigir localidad propia. En mi opinión, la manera en que ha sido satisfecho este deseo ha sido una contribución institucional a la diferenciación del subsistema en cuestión, incluida su separación en dos partes.

Aprovecho el haber mencionado este hecho para señalar otra característica de la UNAM: la subdiferenciación. Ella en sí, sólo una adjetivización, ha contribuido, al combinarse con el gigantismo que nos aqueja (anotémoslo como otra característica de la UNAM), a tenernos cercanos a una disgregación. La separación de la investigación, entre, digamos la ENEP Iztacala y CU, podría llegar a ser la norma entre las partes de la UNAM.

Uno de los principales insumos del SIC es la información. También la encontramos como salida de ese subsistema. Pero su principal producto, es, o debería ser, el conocimiento. Aventurando una definición, pudiésemos considerar como conocimiento la información negada, como tal, por la creatividad humana. De donde este subsistema maneja como parámetro básico algo no cuantificable. No nos extraña entonces, que seamos hasta cierto punto la parte más vulnerable de todas.

El engranaje del SIC con el resto de la UNAM es complejo y poco formalizado. El investigador está obligado a dar clases, aunque no siempre lo hace. El personal docente no está obligado a investigar; en muchos casos, inclusive, se lo impiden las circunstancias prácticas; y muchos de aquellos que llegan a realizar investigación, la llevan a cabo hacia el interior de sus facultades, sin necesidad de interactuar con los institutos.

En especial, la relación con el estudiantado es problemática. A veces es dinámica, intensa; en otros irregular, desvaída. Esto resulta del proceso que se dio al trascenderse el nivel de licenciatura hacia la generación de conocimientos que, desde mi punto de vista, estuvo institucionalmente recargado hacia la problemática del investigador, dando pocas respuestas, aunque sin imponer trabas estructurales, a la relación de éste con el alumnado. Una demostración palpable de esta situación es el limbo en que vive el estudiante que fuera el más propicio a interrelacionarse con la investigación: quien ha terminado sus cursos y debe realizar su tesis, el famoso "pasante". ¡Pocas categorías más siniestras! Sin haber salido de la UNAM, ha dejado de ser parte de sus subsistemas formales educativos y no encuentra recursos formales que lo apoyen en su predicamento. Es na-

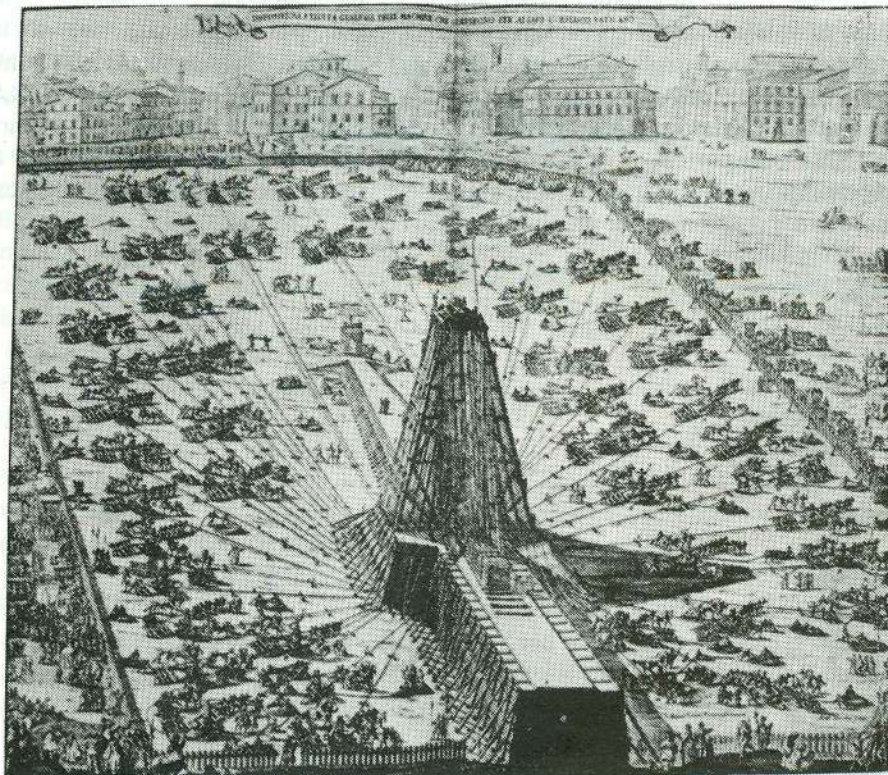
tural que el SIC tienda a seguir caminos propios, enmarcados dentro de las siguientes posibilidades:

- a) hacia dentro, ensimismado en su problemática propia,
- b) hacia afuera, a la interacción con grupos e intereses externos a la UNAM (aunque no necesariamente ajenos a ella, por supuesto)
- c) hacia la interacción con la comunidad universitaria global.

Las tres opciones tienen sus lados buenos y malos, aunque la tercera sería muy deseable, pero pensando que la participación activa en la vida cotidiana de la UNAM representa más que dar algunas clases o dirigir unas tesis.

El instituto de Geofísica

Un instituto es una subestructura, inclusive con ciertas características jurídicas propias. Visto como caja negra, su principal insumo es información en un área especializada del saber humano; consume personas, bienes materiales y financieros. Su producto de mayor importancia es el conocimiento, sin que eso signifique que sea lo único que produce o que el conocimiento sea lo de mayor volumen a la salida.



En nuestro caso, la generación y obtención de información juegan un papel muy importante, al grado de haber quedado incluidos en el instituto varios servicios nacionales. Esta información nos retroalimenta positivamente. El instituto también genera reportes y estudios por contratos externos, lo que a su vez produce una cierta entrada de recursos financieros y materiales.

Dado por supuesto que generamos conocimiento en nuestras áreas de interés específico, vemos que quizá lo que nos falta es intensificar nuestros engranajes con el resto de la comunidad, como subestructura de la misma. Vamos a dar clases, o vienen estudiantes a trabajar o hacer tesis, pero siempre en forma individual, casi por puro interés propio. Ocurren acontecimientos de relevancia, discusiones de Consejo Universitario, huelgas, descubrimientos en otras áreas de la ciencia, etc., van y vienen y nosotros como si todo eso no nos incumbiera; no lo discutimos como cuerpo coherente, ni nos manifestamos hacia ello.

Otro punto de relevancia como subsistema es la validación de nuestro trabajo; no sólo como elementos del instituto, sino como miembros de una comunidad. Un maestro da sus clases y la da "bien" (suponiendo saberse lo que es dar bien una clase); como elemento de un conjunto refuerza su pertenencia al mismo y apunala la estructura funcional en que se encuentra. Vemos que en este caso la validación se realiza dentro del mismo sistema. Curiosamente, la validación del trabajo científico implica un factor externo, no controlable ni por la institución ni por el investigador, más que en la medida en que el trabajo se ajusta a ciertas reglas, tampoco dictadas por ninguna de esas dos partes.

Desde hace un tiempo, se ha reforzado nuestra interrelación con una parte del sistema, por medio del pos-

grado en Geofísica, lo que nos permite ampliar nuestro campo de acción, pero señalemos que eso también implica qué clases que se daban fuera del instituto y que reforzaban la integración con otras facultades desde el punto de vista investigador-vida diaria en la facultad, ahora se darán aquí y si no se piensan bien las cosas podemos perder algo del contacto con la comunidad universitaria más amplia.

Reflexiones finales

Siendo como es la actual, una crisis de la UNAM en su conjunto, quizá sería conveniente pensar qué puede ser una universidad y de qué manera podríamos recorrer su espectro interno hasta llegar a nuestro instituto, de manera que las reflexiones generales se vieran también como parte de nuestra problemática, que adquiriéramos una mayor conciencia de nuestra pertenencia a un algo más amplio e importante. De lo que menos hablé fue del Instituto pero implícitamente, y porque la posibilidad que tengo de sentir y vivir la universidad es desde él, tuve en todo momento mi posición particular como la óptica de trabajo.

Creo que nuestros mayores problemas no nos son estrictamente propios; al contribuir a que la UNAM cumpla mejor sus funciones, mucho mejorará nuestra realidad cotidiana concreta. Debo reconocer que pienso que para llegar a una situación mejor mucho debe cambiar; inclusive aspectos que pensamos hoy en día como inseparables de lo que es la UNAM. Como diría otro de mis filósofos predilectos, hay momentos en que no sólo las costumbre sino también los usos, las corrientes profundas de nuestra vida, deben cambiar.

COMO SOBREVIVIR A UN CONGRESO

Brian McEnaney

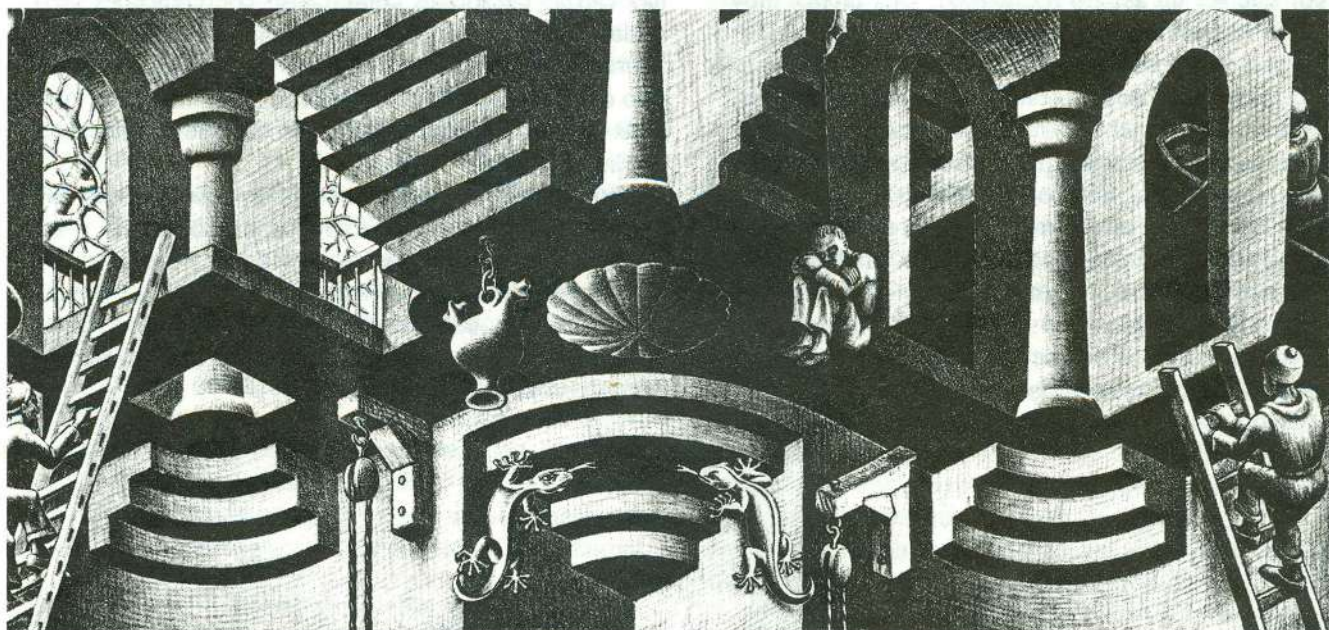
La mayoría de los científicos son como la mayoría de los atletas: muy pocos atletas tienen la condición física de un medallista de oro olímpico y muy pocos científicos tienen las dotes intelectuales de un premio Nobel. Sin embargo, en la ciencia, a diferencia del atletismo, frecuentemente es necesario que los científicos que difícilmente están por encima del standard de un club, tengan que presentarse en el mismo evento que las estrellas internacionales. Este evento es el congreso científico y, para sobrevivir a él, el científico mediocre o apenas competente debe desarrollar habilidades que serían redundantes para un miembro de la Royal Society.

Los científicos novatos con frecuencia creen que el objetivo de un congreso es reportar sus resultados más recientes y de esta manera contribuir al desarrollo de sus especialidades. Esto es absolutamente erróneo. Los congresos no son ciencia, son teatro. El objetivo no es intercambiar ideas y conocimientos, sino deslumbrar a

tu auditorio durante tu presentación y posteriormente divertirlo, tomándoles el pelo a los que te hacen preguntas. Los científicos brillantes hacen esto con una facilidad señorial, pero, para sobrevivir en semejante compañía, el científico mediocre debe recurrir a estratagemas menos nobles.

La táctica que con más probabilidad asegura la supervivencia es la presentación descarada. Aún si tienes dudas secretas respecto a la validez de tus resultados y respecto a tu propia competencia, debes presentar tu trabajo con un aire de inexpugnable confianza. Un auditorio científico es como una manada de animales salvajes -pueden oler el miedo a más de cien metros- y una vez que han percibido nerviosismo o inseguridad, no tienen piedad. Así pues, debes convertirte en un domador de leones. Haz una presentación confiada y en voz alta, quizás incluso con un poco de amenaza. Tu auditorio quedará convenientemente intimidado y se mostrará reacio a presionarte con preguntas inquisitorias. Ade-

* School of Materials Science, Bath University, UK.



más, como autor descarado no debes disculparte nunca ni dar excusas por tus escasos resultados o por el análisis de Mickey Mouse que estás presentando. Tu auditorio no está interesado en tus problemas y excusas; ellos tienen sus propios problemas. Tal vez el Consejo Directivo esté considerando cerrar el Departamento de Investigación, o el Secretario de Educación les ha rehusado un aumento salarial, o están tramitando un divorcio muy caro. Comparado con todo esto, tu espera de seis meses para conseguir las muestras que después resultaron ser del material equivocado, es una fruslería.

Una alternativa a la estrategia del descarado es la táctica del desarme. El diseño favorito de los desarmadores consiste en presentar su trabajo como resultados preliminares. De esta manera esperan no ser objeto de un escrutinio tan inquisitivo como el que habría si estuvieran presentando una pieza de trabajo totalmente terminada. Hay muchos científicos expertos que emplean esta táctica, aún cuando hayan estado trabajando en el mismo tema por más de 20 años. Si de todos modos no puedes evitar estar nervioso ni tener dudas sobre tus propios resultados, recuerda que, en esta época de especialización científica, lo más probable es que sólo halla otras dos personas en el auditorio que tengan competencia para juzgar tu trabajo; ambos son tus coautores y obviamente no tienen ningún interés en echar a perder el juego.

Muchos científicos se ponen menos nerviosos al presentar su trabajo que al tener que responder a las preguntas subsecuentes. Con tal de que se dominen unas cuantas de las estratagemas del desarmador, esto no tiene por qué ser un asunto traumático. Una táctica muy socorrida es pedir al presidente de la sesión que reordene las presentaciones de manera que tu trabajo sea el último. La mayoría de los presidentes de sesión son incapaces de mantener el horario, de manera que con un poco de suerte y de extralimitaciones en los trabajos anteriores, no quedará tiempo para discutir tu ponencia antes del receso del café. Sin embargo, si tienes que responder preguntas no te pongas agresivo. Si algún viejo insulso hace ver que tu tratamiento simplemente reproduce su trabajo clásico con Waffle y Wordmineer en 1952, con la excepción de que ellos llegan exactamente a la conclusión contraria, sería un gran error saltar por

encima del podio y cogerlo a golpes en el piso, o perder la tranquilidad de alguna otra manera. Una contestación útil es pedir a tu inquisidor que repita la pregunta porque eres un poco sordo. Esto tiene dos ventajas: ganas la simpatía del resto del auditorio y te da tiempo para pensar una respuesta. Una buena respuesta para este tipo de comentarios es: "Ese es el punto de vista tradicional de este asunto, pero el trabajo más reciente apunta en una dirección completamente diferente". Nótese que en realidad no lo has contradicho, pero te las has arreglado para sugerir que no ha leído la literatura de los últimos 30 años. Los desarmadores potenciales deben notar que la carta de la simpatía se debe jugar con discreción. El usar lentes oscuros y pedir al presidente de la sesión que te conduzca hasta el podio con muletas, probablemente rebasa ya un poco los límites.

Un problema común en los congresos es el interrogador persistente. Si el presidente de la sesión no lo calla, tienes que hacerlo tú. Una buena manera es decir: "Bueno, esa es una pregunta bastante detallada y compleja que deberíamos mejor discutir durante el café". Por supuesto, cuando llegue la hora del café te harás el desaparecido. Otro tipo difícil de comentarios son los de este estilo: "Me sorprende que usted use muestras policristalinas. Watter, Rott y Song mostraron en 1956 que las muestras policristalinas dan resultados irreproducibles y desde entonces todos los trabajos, excepto el suyo, han utilizado cristales simples templados." Con un autor inexperto este tipo de comentario produce frecuentemente una pausa embarazosa. Pero el desarmador experimentado responderá inmediatamente: "Lo siento, hay ciertas cuestiones comerciales confidenciales asociadas con este trabajo de las que no puedo hablar por ahora". Esto no sólo termina con las argumentaciones, sino que preocupa a la oposición haciéndoles creer que estás en algún asunto importante del que ellos se han perdido.

Con una juiciosa combinación de estas tácticas, los científicos mediocres no sólo pueden sobrevivir a un congreso sino aumentarán su reputación. Pero, si tu objetivo es solamente sobrevivir, ten cuidado de no sobre-actuar. Si das una función demasiado buena serás invitado a dar una conferencia plenaria en el congreso del año próximo.

EDMOND HALLEY,

GEOFISICO*

Michael E. Evans

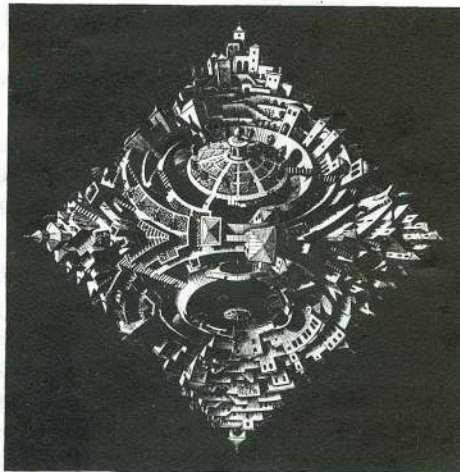
Famoso por el cometa que lleva su nombre y por sus esfuerzos para publicar los *Principia* de Newton, Halley fue uno de los fundadores de la geofísica y tuvo un interés especial en el geomagnetismo.

La reciente aparición del cometa Halley provocó una actividad científica intensa, así como la usual plétora de libros, artículos y demás parafernalia. Entonces, ¿por qué añadir algo más? La excusa que puedo dar es que, aunque Edmond Halley es famoso por su cometa - y es justo que así sea-, sus contribuciones al conocimiento científico fueron mucho más amplias de lo que generalmente se reconoce. En realidad, el estudio de los cometas representa una parte muy pequeña de su obra. Incluso, si no hubiese hecho ninguna de sus aportaciones astronómicas y de otro tipo, Halley nos habría dejado un legado importante como uno de los primeros geofísicos del mundo.

Si bien es cierto que nunca olvidó los problemas celestes y que hizo contribuciones fundamentales y de largo alcance en la astronomía, también tenía algo interesante y original que decir en temas que iban desde las matemáticas en la antigua Grecia hasta el equipo para buceo de profundidad. En 1691, por ejemplo, publicó¹ artículos sobre la distancia entre la Tierra y el Sol, el comportamiento del vapor de agua en la atmósfera, la matemática de las cantidades infinitas, el espesor del chapeado en oro, el desembarco de Julio César en Britania y la Historia Naturalis de Plinio. En esa época tenía 35 años, y continuó con ese ritmo de trabajo durante otro medio siglo. No es raro, entonces,

que llegara a ser conocido como "el segundo más ilustre de los filósofos anglosajones"² -siendo, como fue contemporáneo del genial Isaac Newton. (Véase la bibliografía al final de este artículo).

De los numerosos aspectos de las ciencias planetarias que llamaron la atención de Halley, el campo magnético de la Tierra parece haber sido su primer amor. Cuando aún era adolescente, hizo observaciones de la "variación magnética" de la Tierra -la diferencia angular entre el norte geográfico y el geomagnético-, que actualmente se llama declinación. En su último retrato -que se exhibe en la Royal Society de Londres y que fue pintado cuando tenía 80 años- podemos verlo sosteniendo un bosquejo de la Tierra que representa su teoría sobre el origen del campo magnético.



Mapeo del Patrón Magnético de la Tierra.

En su primera publicación formal³ acerca del campo geomagnético, aparecida en 1683, cuando tenía 27 años, Halley reunió 55 determinaciones de la declinación, suficientes para permitirle discernir un patrón magnético global. Desde luego, las propiedades direccionales de la brújula habían sido utilizadas en la navegación durante siglos. De hecho, Halley recopiló gran parte de su información a partir de las bitácoras de los navegantes. Ya a principios del siglo XV se sabía en Europa que las direcciones hacia el norte verdadero no eran paralelas, aunque no se hicieron mediciones exactas hasta que pasaron otros cien años. En China se habían hecho mediciones precisas durante siglos; la primera que se regis-

* Tomado de Physics Today febrero de 1988, pp. 41-45. Traducido por Luis Horacio Gutiérrez González, estudiante del Departamento de Física Espacial del Instituto de Geofísica-UNAM.

tra⁴ fue llevada a cabo por el astrónomo I-Hsing alrededor del año 720 d.C.

La primera teoría realmente científica sobre el origen del magnetismo terrestre fue propuesta en el año 1600 d.C. por William Gilbert,⁵ médico de Isabel I de Inglaterra. Pensaba que el planeta estaba permanentemente magnetizado, como un imán, con dos polos diametralmente opuestos situados en los polos geográficos. Mientras los hombres de mente práctica contemplaron un modelo teórico subyacente, esta idea llegó a ser el fundamento de la navegación guiada magnéticamente.

Gilbert suponía que las partes sólidas de la Tierra eran magnéticas y, en consecuencia, creía que en aguas costeras las brújulas se desviarían hacia las masas de tierra adyacentes. Halley señaló que en varios ejemplos de su compilación esto no era cierto, "pero más notablemente cerca de la costa de Brasil", donde la aguja "apunta en la dirección opuesta". Halley también indicó que "poco antes" un cierto Sr. Bond, un viejo maestro de navegación había propuesto una modificación al modelo de Gilbert, que consistía en un dipolo magnético con su eje desviado respecto al eje de rotación de la Tierra. Halley criticó rápidamente esta hipótesis, señalando que los lugares en el mismo meridiano deberían tener declinaciones en el mismo sentido, mientras que algunos datos indicaban lo contrario. El contraejemplo más notorio es la comparación entre las declinaciones en "el estrecho de Hudson y el estuario del Rho de la Plata", los cuales se hallan aproximadamente en el mismo meridiano, pero "en un lugar, la aguja varía 29.5 grados hacia el oeste, y en el otro, 20.5 grados hacia el este".

Halley sugirió que el patrón global de declinación implicaba cuatro polos. La figura 1 muestra un planisferio con sus datos. Las flechas divergentes apuntan alejándose de los polos norte, y las convergentes apuntan hacia los polos sur. A pesar de la escasez de datos -de la cual el mismo Halley estaba completamente consciente- infirió la localización de los cuatro polos que él proponía y los designó como:

*El Polo Norte Europeo, situado "cerca del Meridiano del Fin de las Tierras en Inglaterra y a no más de 7 grados del Polo Artico," - esto es, alrededor de los 83 N, 6 W.

*El Polo Norte Americano, situado "en un meridiano que pasa cerca del centro de California, y alrededor de 15 grados del Polo Norte del Mundo," 75 N, 119 W.

*El Polo Sur Americano, "alrededor de 16 grados" del "Polo Sur del Mundo" y "unos veinte grados al oeste del Estrecho de Magallanes," 74 S, 90 W.

*El Polo Sur Asiático, "a poco menos de 20 grados" del eje de rotación de la Tierra y "en un meridiano que pasa por Nueva Holanda y la isla de Célebes," 70 S, 120 E

Halley reconocía los papeles complementarios que desempeñan la observación empírica y la teoría fundamental subyacente, de modo que subrayó la necesidad, por una parte, de datos adicionales y, por otra, de una comprensión adecuada del decremento del poder atractivo de un imán con la distancia. Es notable que, después de un esfuerzo de siglos, que culminó con el reciente proyecto de mapeo magnético por medio de satélites llamado MAGSAT, la idea de Halley acerca de cuatro polos aún tenga gran valor.

En un artículo reciente, Jeremy Bloxham y David Gubbins (de la Universidad de Cambridge) reportaron una técnica para extrapolar las observaciones en superficies y por medio de satélites hacia la superficie del núcleo de la Tierra. Encontraron evidencia de lo que denominaron "haces de flujo estático" -regiones permanentes de flujo intenso proveniente del núcleo. No encontraron sólo dos haces de flujo, uno en cada polo, como sería de esperarse para un campo dipolar, sino cuatro. Desde luego que estos haces no están exactamente donde Halley localizó sus cuatro polos, pero si se consideran las limitaciones con que trabajaba, la similitud es sorprendente.

Polos Errantes

Además de la morfología espacial del campo geomagnético, Halley se enfrentó al problema del comportamiento temporal del campo. Unos 50 años antes, un profesor de astronomía de Londres, Henry Gellibrand, había señalado que la declinación varía con el tiempo, pero que los cambios observados eran muy lentos. Halley escribió, en un artículo publicado en 1683, que "se necesitarán algunos cientos de años para establecer una doctrina completa del Sistema Magnético". Sin embargo, en ese artículo plantó la semilla que daría fruto diez años más tarde, cuando discutió nuevamente el tema.

Un siglo antes, en octubre de 1580, William Borough había registrado en Londres una declinación de 11 15' al este del norte, pero en junio de 1622 Edmund Gunter registró una de sólo 6 este. Gunter se percató de la diferencia en los valores, pero lo atribuyó a inexactitudes del reporte anterior. Sin embargo, Gellibrand encontró una década más tarde, que la declinación había seguido disminuyendo, y, para junio de 1624, había llegado a los 4 5' este. Gellibrand, convencido de la realidad de este cambio, anunció el descubrimiento de lo que actualmente se llama "variación secular".

Es un hecho histórico desafortunado que la palabra "variación" fuera utilizada originalmente para designar la declinación, que es una magnitud espacial, mientras que actualmente el término se refiere a los cambios

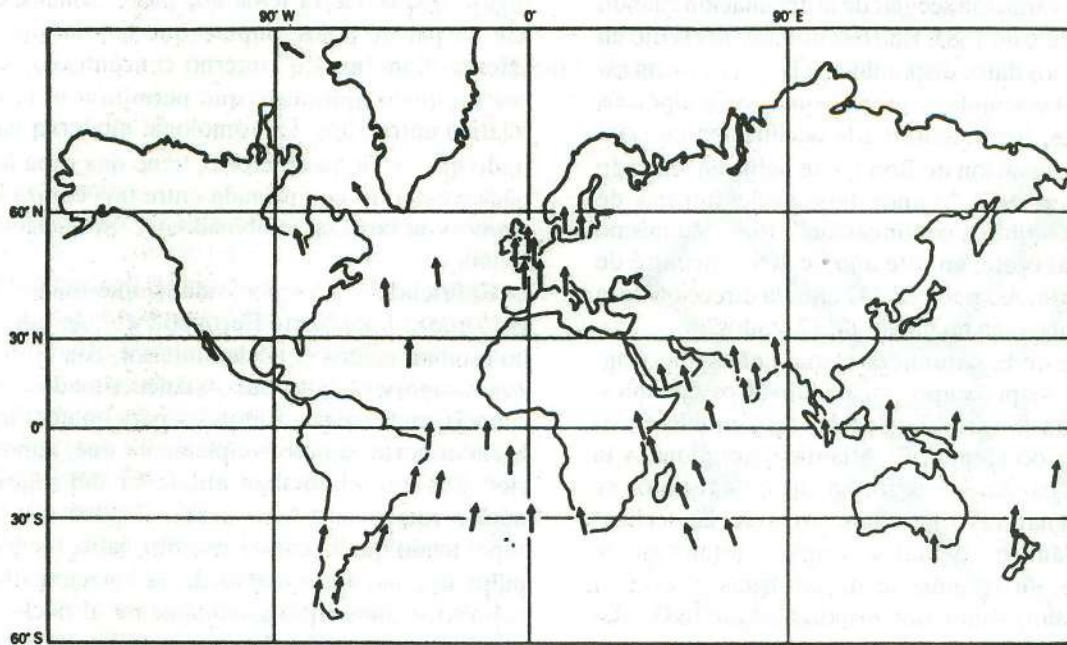
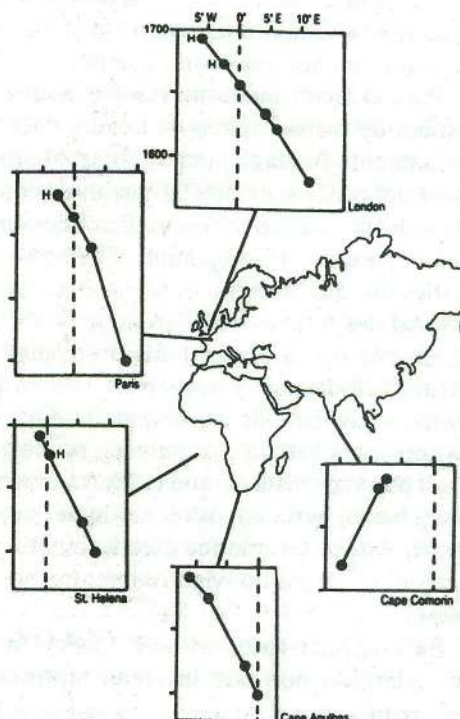


FIGURA 1

DESVIACION DE LA BRUJULA. Las flechas muestran la desviación a partir del norte verdadero en 46 lugares en todo el mundo, con base en los datos de Edmond Halley de 1683. Halley compiló 55 valores angulares (en aquella época llamados "variación" y actualmente "declinación"), pero varios lugares están representados por más de una lectura. Para explicar el patrón observado, sugirió que la Tierra tenía cuatro polos magnéticos localizados aproximadamente a 83° N, 6° W; 75° N, 119° W; 74° S, 90° W; y 70° S, 120° E.

FIGURA 2

CAMBIOS TEMPORALES en la declinación magnética -la diferencia angular entre el norte magnético y el geográfico- como fueron observados en cinco lugares. Los datos fueron tomados del artículo de Halley de 1692. Los propios datos observacionales de Halley están indicados con una "H". El margen superior de cada gráfica representa el año de 1700. Las líneas verticales fragmentadas corresponden a una lectura de la brújula "verdadera" (declinación de 0).



temporales lentos del campo magnético. Debe tenerse esto en mente cuando se lean manuscritos antiguos.

Como hemos visto, Halley ya estaba pensando en el problema de la variación secular de la declinación cuando publicó su artículo de 1683. En 1692 publicó un escrito en el que resumía los datos disponibles relacionados con estos cambios en las brújulas, y propuso una audaz hipótesis para explicarlos. Refiriéndose a la declinación en Londres, citó la observación de Bond, que había encontrado un valor de 0 en 1557, 23 años después del informe de Gellibrand, y escribió a continuación: "1672. Yo mismo observé 2 30' al oeste; en este año de 1697 encontré de nuevo 6 00' oeste. Así pues, en 112 años la dirección de la Aguja ha cambiado en no menos de 17 grados".

Consciente de la naturaleza global del campo magnético, Halley se preocupó por incluir otros ejemplos. Estos ilustraban la variación secular mensurable en sitios de Europa occidental, El Atlántico meridional y la India (véase la figura 2) pero, en lugares distintos se observaron firmas diferentes. Aunque la declinación en el Atlántico oriental se dirigió constantemente hacia el oeste, en la India se dirigió hacia el este. A partir de los datos limitados disponibles en 1683, Halley ya había sugerido -aunque tentativamente- que sus cuatro polos propuestos se estaban moviendo hacia el oeste.

Se puede seguir fácilmente el argumento de Halley si se imagina el efecto en Londres, por ejemplo del Polo Norte Europeo. Para producir la declinación al este observada por Borough en 1580, este polo tendría que haber estado situado muy al oriente de Londres. En 1657 habría estado al norte de Londres, lo que habría provocado una declinación de 0, y en 1692, de los propios resultados de Halley, habría estado al poniente. Un razonamiento similar se aplica en los otros ejemplos, inclusive en los datos de la India. Ahh, entre 1620 y 1688, la declinación cambió 7 hacia el oriente, lo cual concuerda con un movimiento hacia el poniente del llamado Polo Sur Asiático.

Así nació la idea de una deriva hacia el oeste, un concepto fundamental que ha permanecido casi tan arraigado en la mente de los geofísicos como el de las órbitas circulares en la mente de los astrónomos. Pero la geofísica todavía está esperando a su Kepler. En efecto, todavía se comprende poco del campo geomagnético, y la variación secular, en particular, ha resultado ser un problema muy difícil.

El Interior de la Tierra

Halley, sin embargo, pensaba que había resuelto el problema al combinar su antigua idea de los cuatro polos

magnéticos con una nueva propuesta sobre la estructura interna de la Tierra. Señalando que él nunca había visto u oído hablar de un imán que tuviese más de dos polos, sugirió que la Tierra tenía dos partes sólidas, cada una con un par de polos. Supuso que habría una "coraza" externa y un "núcleo" interno concéntricos, separados por un fluido apropiado que permitiría el movimiento relativo entre ellos. La sismología moderna ha demostrado que la Tierra en efecto, tiene una capa líquida -el núcleo exterior- comprimida entre una coraza sólida (el manto y la corteza combinados) y un núcleo interior sólido.

Refiriéndose a los pocos datos que tenía, Halley sugirió que el Polo Norte Europeo y el Polo Sur Americano estaban unidos al núcleo interior, con el Polo Norte Americano y el Polo Sur Asiático situados, en consecuencia, en la coraza. Entonces, para obtener una deriva hacia el norte, supuso simplemente que, aunque el núcleo y la coraza rotaban alrededor del mismo eje, el núcleo rotaba más lentamente. Explicó esta situación suponiendo que la coraza exterior había recibido el impulso original responsable de la rotación diaria; este impulso se transmitió gradualmente al núcleo a través del fluido intermedio -el cuerpo sólido interior simplemente no había tomado suficiente impulso todavía. Este retraso parecía implicar un período de unos 700 años para que el núcleo se retrasase una vuelta completa respecto a la coraza. En vista de una escala de tiempo tan larga, urgió a todos los "Amantes de las Verdades Naturales" a seguir observando el fenómeno, con objeto de poder obtener una teoría completa.

Para el lector moderno resulta fascinante ver cómo después de varias páginas de deducciones científicas rigurosamente fundamentadas, Halley dedica la segunda mitad del artículo de 1692 a una discusión sobre la utilidad de tal núcleo interior. Considerado superficialmente, parece ser un ejemplo asombroso de prejuicios medievales que enturbian las aguas de la investigación racional -los últimos vestigios de la necesidad teleológica. En esta época Halley tenía problemas con las autoridades eclesiásticas y acababa de ser rechazado como Profesor Saviliano de astronomía en Oxford a causa de sus supuestas herejías. Al parecer, se creía que él sostenía el punto de vista de que la Tierra era eterna, lo cual, desde luego, haría imposible cualquier acto de creación divina. Parece ser que fue efectivamente interrogado y, aunque se defendió vigorosamente, no consiguió el puesto.

En cualquier caso, no puedo evitar la sensación de que, alertado por este incidente aprovechara la ocasión para dotar a su nuevo modelo de la Tierra con

propiedades que aumentaban la gloria del Creador. Así, describe cómo este mundo interior pudo haber sido hecho "por la Sabiduría Omnipotente para otorgar una gran superficie para el uso de las Creaturas Vivientes". En efecto, a continuación sugiere que pudiera haber varias capas concéntricas -una especie de edificio de departamentos global. Es difícil decir hasta qué punto creía él mismo en su modelo, pero no cabe duda de que tenía en mente que estas capas adicionales podían resultar muy útiles si datos nuevos hacían necesario un modelo más complejo del campo geomagnético. Con un par de polos en cada capa, su modelo podía ser ajustado indefinidamente -y todo para lo gloria de Dios-.

Esta digresión es puramente especulativa, pero resulta interesante hacer notar que, cuando la Cátedra Saviliana de geometría en Oxford quedó vacante unos 12 años después, Halley consiguió el puesto. Para entonces, tenía 48 años y su reputación se había visto considerablemente reforzada por sus logros en los años intermedios. Sus aportaciones, nuevamente, abarcan una amplia variedad de temas, aun cuando entre ellas destaca el geomagnetismo.

Mapas de Contorno y Auroras.

En 1698, Halley tomó parte en el primer viaje oceánico planeado expresamente para fines científicos; participó no sólo como científico principal a bordo, sino como capitán del buque. Entre el 20 de octubre de 1698 y el 10 de octubre de 1701, el *Paramore* hizo tres viajes bajo su mando, dos en el Atlántico y uno en el canal de la Mancha⁸. Durante los viajes por el Atlántico se le encomendó, entre otras cosas, avanzar hacia el sur tanto como fuese posible con el fin de determinar con más detalle el patrón de declinaciones magnéticas. El resultado fue un enorme avance en términos de la investigación y la comprensión de nuestro ambiente global: armado con 200 nuevas mediciones que abarcaban 100 de latitud y 70 de longitud y tratando de representarlas de una manera fácilmente inteligible, inventó el mapa de contorno.

Esta técnica es tan común actualmente que se toma como un hecho. Pensemos por ejemplo en las isóbaras de los mapas climáticos diarios, sin embargo, como acto creativo, rivaliza en importancia con las líneas de fuerza de Faraday, las cuales probaron ser muy importantes en el desarrollo del electromagnetismo más de un siglo después.

El mapa del Atlántico hecho por Halley muestra esas líneas de declinación igual, que durante muchos años fueron llamadas "Líneas Halleyanas", pero que

ahora son blandamente etiquetadas como "líneas isogónicas". Además de su significado puramente científico, estos mapas fueron de considerable importancia para la navegación, y siguieron siendo solicitados por lo menos durante 50 años después de su primera publicación (probablemente en 1701). En realidad Halley extendió su alcance inmediatamente e incorporó datos del Océano Índico y Extremo Oriente en el llamado Mapa Mundial publicado al rededor de un año después.

En esa época se creía que las líneas isogónicas no sólo permitirían a los navegantes prescindir de la brújula, sino que podrían realmente aportar una solución al viejo problema de la determinación de la longitud del mar. Si algún barco estuviera en una región donde las líneas isogónicas se dirigieran aproximadamente de norte a sur, entonces una determinación de la declinación podría dar una longitud fija. Antes de que John Harrison hubiese construido los primeros cronómetros marinos confiables, la declinación fue de un valor enorme para los buques mercantes y de guerra.

Poco después de haber terminado los estudios del Canal de la Mancha, Halley renunció a la Armada y regresó de un modo muy personal a la corriente científica principal. En lo que se refiere al campo magnético, su interés no decreció. Estuvo desde luego, fuertemente involucrado en la preparación y revisiones subsecuentes de los mapas isogónicos. Con este fin, siguió interesándose en los nuevos datos conforme llegaban a estar disponibles. Publicó su último artículo sobre este tema en 1732, cuando tenía más de 70 años.

Halley todavía hizo una contribución muy original en el campo del geomagnetismo. El 6 de marzo de 1716 ocurrió una aurora boreal sorprendente, claramente visible en el cielo nocturno de Londres. La observó con gran detalle; también reunió y comparó los reportes de otros observadores de todo el país, los cuales publicó en un artículo ese mismo año⁹. Este hecho por sí mismo habría sido un importante avance en un campo envuelto en el misterio y la superstición. No obstante fue mucho más allá y propuso, en realidad, un mecanismo físico subyacente.

La piedra fundamental en la hipótesis de Halley fue la conexión entre la aurora y el campo geomagnético, la cual constituyó un logro notable, no sólo porque eran muy escasos los datos disponibles, sino porque ¡era correcto! Actualmente sabemos que efectivamente existe una conexión íntima entre las trayectorias de las partículas cargadas eléctricamente, causantes de las auroras, y la morfología del campo magnético terrestre. Por supuesto, no acertó en todo; sabemos ahora que estas partículas son inyectadas en el entorno cercano a la

Tierra por el viento solar, mientras que Halley sugirió que se originaban dentro de la Tierra y que fluían hacia el exterior. No es difícil adivinar su origen: ¿cuál otro, sino la capa de fluido entre la coraza exterior y el núcleo interior? Esto podría parecerle cómico a un lector moderno, pero no debemos olvidar que, para las mentes del siglo XVII, era habitual pensar en fluidos pervasivos e imponderables.

Algo más que la cola de un cometa

Mi interés personal, y la necesidad de evitar escribir solamente una larga lista de los logros de Halley, limitaron mi artículo a la discusión de su obra en el campo del geomagnetismo. ¿Cómo podría describir adecuadamente una vida tan larga, productiva, dedicada y penetrante? Ciertamente, es injusto recordarlo solamente por el cometa que lleva su nombre.

Quizás, como Colin Ronan sugiere en su biografía, un título más adecuado para Halley sería el de "padre de la geofísica moderna". Tal vez deberíamos subrayar sus contribuciones como Astrónomo Real por más de 20 años; o quizás deberíamos recordar que, a pesar de haber sido opacado en cierta forma por Newton, no fue uno de sus rivales -de hecho, fue Halley quien impulsó al reticente Newton a escribir los Principia, quien aportó el dinero y quien supervisó personalmente la impresión.

Pero para mí, lo más encantador de Halley no fue la manera en que vivió, sino la manera en que murió.

Aunque se cree que sufrió un ataque menor, su memoria y su juicio, al parecer permanecieron inalterables hasta el final. Pidió un vaso de vino "y habiéndolo bebido, expiró sentado en su silla sin una sola queja". ¡Hombre dichoso!

Referencias

- 1 E.F. MacPike, *Correspondence and Papers of Edmond Halley*, Oxford U. P., Oxford, 1932.
- 2 Anpimo, *Nature* 21, 303, 1880.
- 3 E. Halley, "A Theory of the Variation of the Magnetical Compass", *Philos. Trans. R. Soc. London* 13, 203, 1683.
- 4 J. Needham, *Science and Civilization in China*, Vol. 4: *Physics and Physical Technology*, Part 1, *Physics*, Cambridge UP., New York, 1962.
- 5 W. Gilbert, *De Magnete* (1600); reimpreso por Dover, New York, 1958.
- 6 J. Bloxham, D. Gubbins, *Nature* 317, 777, 1985.
- 7 E. Halley, "An account of the cause of the change of the variation of the magnetical needle with a hypothesis of the structure of the internal parts of the Earth", *Philos. Trans. R. Soc. London* 17, 563, 1692.
- 8 N.J.W. Thrower, ed., *The Three Voyages of Edmond Halley in the Paramore, 1693-1701*, Hakluyt Society, London, 1981.
- 9 E. Halley, "An account of late surprising appearance of Lights seen in the Air, on the sixth of March last; with an attempt to explain the principal phenomena thereof", *Philos. Trans. R. Soc. London* 21, 406, 1716.
- 10 C.A. Ronnan, *Genius in Eclipse: A Biography of Edmond Halley*, Double day, New York, 1969.
- 11 *Biographia Britannica*: 4, 2516, 1757.

BOSQUEJO BIOGRAFICO DE EDMOND HALLEY.

Edmond Halley nació el 29 de octubre de 1656 en lo que ahora es el norte de Londres. Fue hijo de un rico comerciante, y recibió su primera educación en la famosa escuela de San Pablo. Destacó en todas las ramas del aprendizaje clásico, pero pronto desarrolló un profundo interés por la astronomía y ciencias relacionadas.

Antes de dejar la escuela hizo su propia determinación de la declinación magnética. En 1673 ingresó a la Universidad de Oxford, y pronto hizo importantes contribuciones teóricas y observacionales a la astronomía. A la edad de 18 años entabló una correspondencia significativa con el Astrónomo Real, John Flamsteed, y en 1676 publicó su primer artículo científico en las *Philosophical Transactions of the Royal Society*. Ese mismo año, Halley dejó voluntariamente Oxford antes de gra-

duarse para aprovechar la oportunidad de participar en una expedición a Santa Elena que haría un mapa del firmamento meridional. A su regreso, dos años después, presentó los resultados a la Real sociedad, de la que fue elegido miembro. En 1683 publicó su teoría del campo magnético terrestre, un tema que lo había atraído en su juventud y que siguió atrayéndolo a través de su larga y productiva carrera científica.

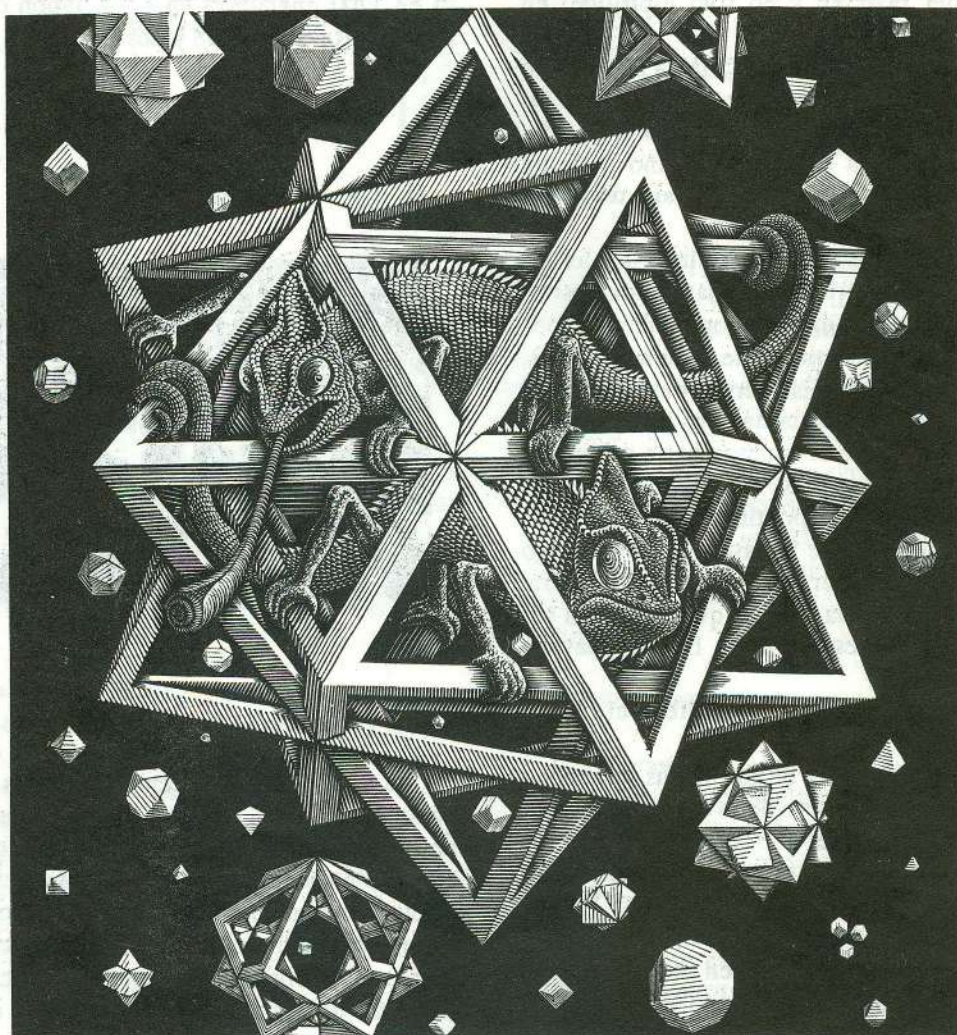
Aparte de sus propias investigaciones, desempeñó un papel clave en convencer a Newton de que publicara los Principia, y aportó dinero y asesoría editorial para llevar a cabo la impresión. El segundo artículo de Halley sobre el magnetismo terrestre apareció en 1692, pero siguió estudiando una amplia variedad de tópicos astronómicos y matemáticos. El más memorable de estos estudios

es, por supuesto, su trabajo sobre las órbitas de los cometas, el cual llevó finalmente a su notablemente precisa predicción del retorno del cometa que actualmente lleva a su nombre.

Entre 1699 y 1701 Halley fue la figura central en los primeros viajes oceánicos emprendidos con propósitos puramente científicos. Él fue el capitán del barco y el científico principal a bordo. Poco después de su regreso, publicó un mapa de la variación geográfica de la declinación magnética, que fue una contribución fundamental, no sólo por su contenido geofísico, sino

también por su invención del mapa de contorno de contorno.

En 1704, cuando tenía 48 años, fue nombrado Profesor Saviliano de Geometría en Oxford, y en 1720 sucedió a Flamsteed como Astrónomo Real. A pesar de sus muchos deberes, permaneció activo en la investigación; publicó su último artículo sobre magnetismo en 1732, y su último artículo científico (sobre un eclipse lunar) en 1737, cuando tenía 81 años. Siguió haciendo observaciones en Greenwich hasta los últimos meses de su vida. Murió en enero de 1742.



CALENDARIO Y BISIESTOS

René Garduño

• Por qué el año 1900 no fue bisiesto?

¿Por qué la Revolución de Octubre es el 7 de noviembre?

¿Cómo está eso de que Sta. Teresa de Jesús se murió el día 4, el entierro fue el 15 y sólo la velaron una noche?

El calendario gregoriano, vigente en la actualidad, fue impuesto por el papa Gregorio XIII (cuando los papas tenían poder material y no sólo espiritual) en 1582.

Desde el 1 de enero del año 45 a.C. había funcionado el calendario juliano, establecido por el emperador Julio César, asesorado por Losígenes, astrónomo de Alejandría, que determinó la duración del año solar en 365.25 días. Por tal razón el calendario juliano tenía uno bisiesto cada 4 años.

Cálculos posteriores, debidos esencialmente a los astrónomos Luigi Lilio y Christopher Clavius, demostraron que el año no dura 365 días y 6 horas, sino un poco menos; actualmente se sabe que es de 365 días, 5 horas, 48 minutos y 46 segundos. Este error del calendario juliano se fue acumulando hasta dar una diferencia de 10 días en 1582; en ese año el equinoccio de primavera no fue el 21 sino el 11 de marzo.

La principal preocupación pontificia era el calendario litúrgico; el cual establece la pascua en el domingo inmediato posterior al primer plenilunio de primavera. Para corregir la discrepancia y evitar que volviera a suceder, Gregorio XIII -asesorado por Lilio y Clavius- decretó en 1582:

– el día siguiente del jueves 4 de octubre es el viernes 15 de octubre y

– un año es bisiesto si sus 2 últimas cifras se pueden dividir entre 4 (como 1988); pero no lo es cuando ambas son cero (como 1900), a no ser que la totalidad de cifras sea divisible entre 400 (entonces el año 2000 sí es bisiesto).

La idea original del Papa era convertir el día 1 en 10 de octubre (en 1582); pero a ese plan se opuso la entonces poderosa orden franciscana, que en ese año se quedaría sin fiesta patronal. El Papa resolvió evitar ese problema y el ajuste calendárico se hizo al día siguiente de la celebración de San Francisco de Asís.

Por coincidencia, Sta. Teresa de Jesús murió junto con el calendario juliano. Falleció el 4 de octubre y fue sepultada 'hasta' el 15, pero sólo hubo una noche de velorio.

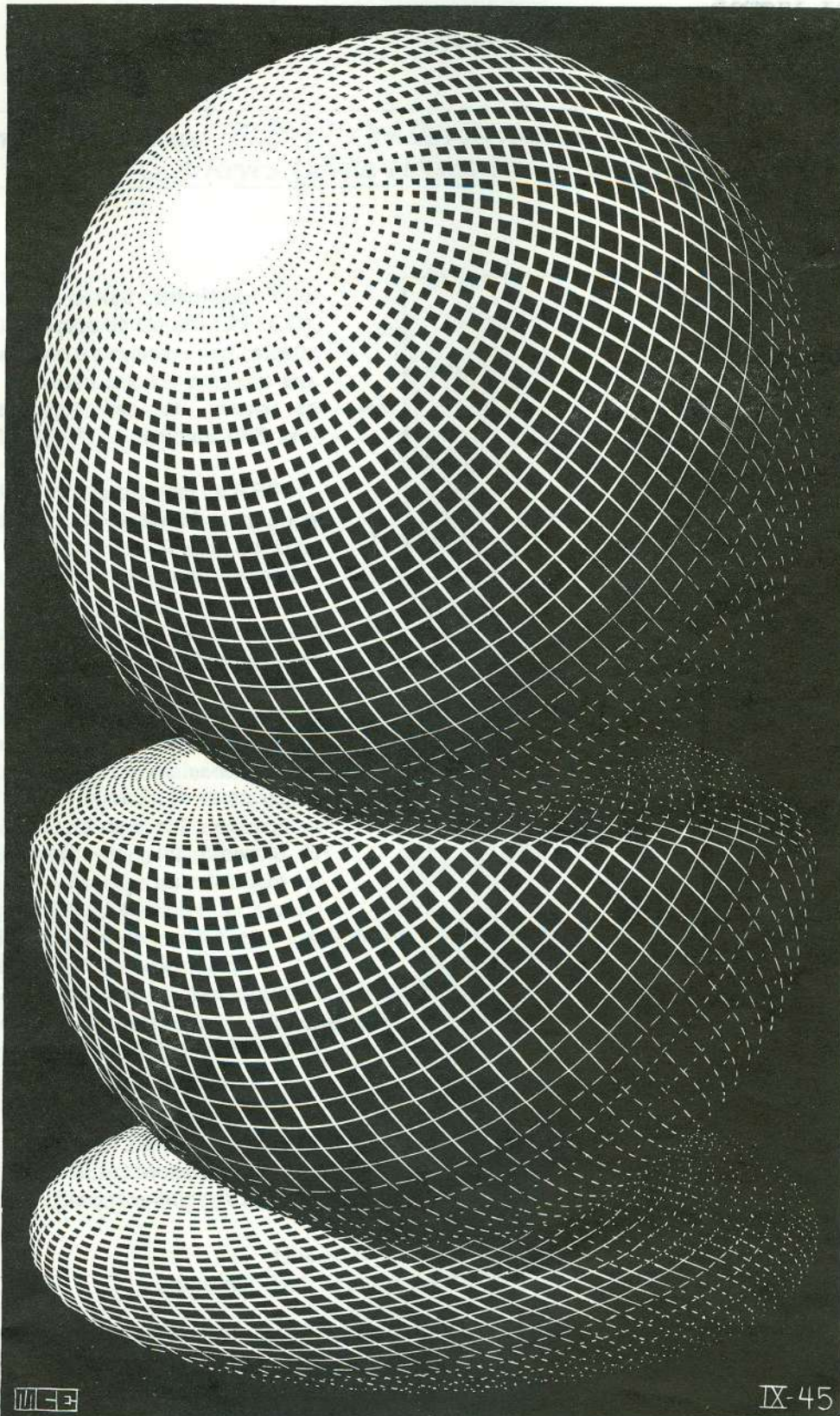
El calendario gregoriano fue adoptado inmediatamente en Italia, Francia, España y Portugal; en 1584 en los demás países católicos. Los países no católicos tardaron mucho en adoptarlo; p. ej. Alemania y Dinamarca en 1700, Inglaterra en 1752, Japón en 1873, Egipto en 1875, Rusia en 1918 y por fin Grecia en 1923.



Ya para 1917 la diferencia entre los calendarios juliano y gregoriano era de 11 días; de manera que el 27 de octubre en Rusia, fecha de la revolución socialista, era 7 de noviembre en el resto (casi) del mundo.

Sin embargo, el calendario gregoriano no es perfecto, aunque es casi imposible mejorar su exactitud. Requiere un ajuste de aproximadamente un día cada 3 milenios; faltan 26 siglos para hacerle la primera de tales correcciones.

LA RED SUDAMERICANA DE COMUNICACIÓN DE COLIMA (RESCO) INICIA OPERACIONES



INDICE DE AUTORES

BARRADAS L. VICTOR
Centro de Ecología UNAM
A. P. 70 275
México 04510, D.F.

BRAVO SILVIA
Instituto de Geofísica UNAM
México 04510, D.F.

CARRERA JORGE
Instituto de Geofísica UNAM
México 04510, D.F.

CARRILLO R. JOEL J.
Instituto de Geofísica UNAM
México 04510, D.F.

CASTELLANOS GUILLERMO
Instituto de Geofísica UNAM
México 04510, D.F.

GARDUNO RENE
Centro de Ciencias de la Atmósfera
México 04510, D.F.

GUTIERREZ GONZALES LUIS HORACIO
(estudiante Depto. Estudios Espaciales)
Instituto de Geofísica UNAM
México 04510, D.F.

ORNELAS ARCINIEGA GILBERTO
Instituto de Geofísica UNAM
México 04510, D.F.

RAMIREZ VAZQUEZ C. ARIEL
Instituto de Geofísica UNAM
México 04510, D. F.

REYES DAVAILA G. A.
Instituto de Geofísica UNAM
México 04510, D.F.

TAMEZ GONZALEZ HECTOR
Instituto de Geofísica UNAM
México 04510, D.F.
