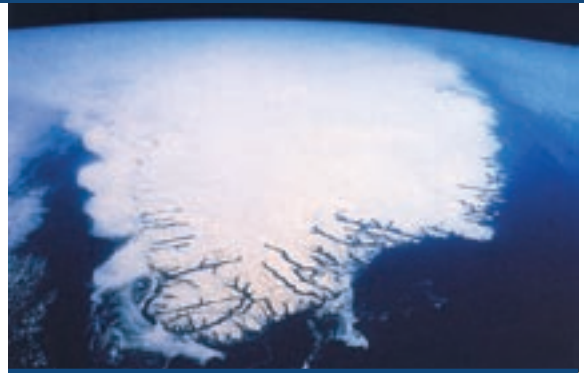


**Deshielo en Groenlandia**  
**Megaciudades**  
**Una riqueza desconocida: el suelo**



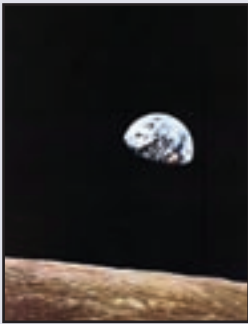
# Sumario

Editorial	3
Reportaje	4
<b>Deshielo en Groenlandia, edad de hielo en Europa</b> Yassir Zárate Méndez	
Reseñas	6
<b>Experimentos simples para entender una Tierra complicada. Fascículo I - La presión atmosférica y la caída de los cuerpos</b> Sandra Vázquez Quiroz	
Personajes en las ciencias <b>Ing. Carlos Castillo Tejero</b> Alicia Ortiz Rivera	
Hallazgos	7
<b>James Hutton, fundador de la geología moderna</b> Óscar Peralta	
Espacio abierto	8
<b>Fitoplancton y cambio climático</b> Óscar Peralta	
Historia de la ciencia	10
<b>De la historia y las nuevas ideas en torno a los mapas</b> Héctor Mendoza Vargas <b>Cinco siglos de la aparición de América en la cartografía mundial</b> Patricia de la Peña Sobarzo	
Reporte especial	12
<b>Megaciudades</b> Patricia de la Peña Sobarzo <b>Ciudades subterráneas</b> Óscar Peralta y Patricia de la Peña Sobarzo	
Asómate a la ciencia	16
<b>El interior de la Tierra</b> Sandra Vázquez Quiroz	
Entrevista	18
<b>Una riqueza desconocida: el suelo</b> Yassir Zárate Méndez	
Reflexiones	20
<b>Vivir al borde del riesgo</b> Yassir Zárate Méndez	
A ver si puedes	22
Alejandro Illanes	
El faro avisa	23





## Nuestra portada



La Tierra vista desde la Luna.  
Foto tomada desde la nave espacial Apolo 8 en 1969. NASA.

## Directorio

### UNAM

Dr. Juan Ramón de la Fuente  
*Rector*

Lic. Enrique del Val Blanco  
*Secretario General*

Mtro. Daniel Barrera Pérez  
*Secretario Administrativo*

Dr. René Drucker Colín  
*Coordinador de la Investigación Científica*

### *El faro, la luz de la ciencia*

Patricia de la Peña Sobarzo  
*Directora*

José Antonio Alonso García  
*Supervisor Editorial*

Sandra Vázquez, Yassir  
Zárate, Óscar Peralta y Víctor  
Hernández  
*Colaboradores*

Ana Laura Juan Reséndiz  
*Diseño Gráfico y Formación*

*El faro, la luz de la ciencia*, es una publicación mensual (con excepción de los meses julio-agosto) de la Coordinación de la Investigación Científica.

Oficina: Coordinación de la Investigación Científica, Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, 04510 México, D.F., teléfono 5550 8834, elfaro@cic-ctic.unam.mx  
Certificado de reserva de derechos al uso exclusivo del título no. 04-2002-120409080300-102.

Impresión: Reproducciones Fotomecánicas, S.A. de C.V., Democracia 116, Col. San Miguel Amantla, Azcapotzalco, C.P. 02700, México, D.F.

Distribución: Dirección General de Comunicación Social, Torre de Rectoría 2o piso, Ciudad Universitaria.

**Prohibida la reproducción parcial o total del contenido, por cualquier medio impreso o electrónico sin la previa autorización.**

Citar fuente de origen en caso de utilizar algún contenido de este boletín.

## ¿Para qué un año de la Tierra?

Las imágenes de nuestro planeta tomadas desde el espacio enfatizan que la Tierra es un sistema dinámico, donde la vida evoluciona, participa y se adapta a los continuos cambios que este sufre. El calentamiento global, los tsunamis y la actividad volcánica, así como una amplia diversidad de características y procesos, implican que el planeta tiene una mecánica compleja e interconectada, capaz de experimentar alteraciones en ecosistemas y sus organismos a diversos niveles espacio-temporales.

La expansión demográfica, el uso y la demanda creciente de recursos minerales, energéticos y de nuevos espacios, así como la producción de contaminación, entre otras cosas, presentan peligros y retos para la Tierra y sus habitantes en un marco global sin precedentes, que son parte del contexto en el cual se enmarca la iniciativa de la Organización de las Naciones Unidas para el Año Internacional del Planeta Tierra (International Year of Planet Earth, IYPE), en la que participa la comunidad científica mexicana.

La Asamblea General de la ONU desarrolla el IYPE a partir de la propuesta de la UNESCO y la Unión Internacional de Ciencias Geológicas con un programa de actividades internacionales, en el que la fecha central es el año 2008. En el IYPE participan varias organizaciones y sociedades científicas nacionales e internacionales relacionadas con las ciencias de la Tierra, y agrupa comunidades académicas de diferentes países. Además del intercambio de ideas y conocimientos sobre estudios en geociencias, una

meta del IYPE es incrementar el número de jóvenes interesados en estas áreas científicas, porque un mayor conocimiento del planeta nos hará más conscientes de su importancia.

Las actividades del Año Internacional del Planeta Tierra operan dentro de proyectos científicos y de divulgación de la ciencia y cubren un amplio espectro temático de investigaciones, educación y difusión en las ciencias de la Tierra. El IYPE continúa la tradición de los programas internacionales de colaboración científica, desarrollados a lo largo de cinco décadas, como el Año Geofísico Internacional en 1957-1958, que marcó el inicio de estos intercambios que promovieron y facilitaron la realización de estudios múltiples e interdisciplinarios sobre la Tierra. La comunidad científica de México ha participado en ellos con actividades nacionales e internacionales que han permitido el desarrollo de una concepción global e integral de nuestro planeta. Este esfuerzo encuentra ahora continuación y deseamos que sea para bien de la humanidad y de este, nuestro único hogar.

*El faro* presenta en este número algunos temas incluidos en el programa internacional, intentando mostrar investigaciones sobre la Tierra desde la perspectiva de diferentes disciplinas, las cuales tratan de encontrar soluciones a interrogantes sobre el calentamiento global, la contaminación, la disminución de la biodiversidad, la deforestación y la desertificación, el uso de suelo, los riesgos naturales, los recursos minerales y los energéticos.

**Jaime Urrutia Fucugauchi, Comité Nacional IYPE  
Instituto de Geofísica, UNAM**



# Deshielo en Groenlandia, edad de hielo en Europa

Yassir Zárate Méndez

En este mismo siglo, Europa occidental podría enfrentar una nueva edad de hielo en caso de que la Corriente del Golfo de México se debilite y deje de transportar energía térmica desde latitudes tropicales hasta las aguas del Mar del Norte. En la opinión del Grupo de Modelos Climáticos del Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA) de la UNAM, el paulatino deshielo de los glaciares de Groenlandia sería la causa del debilitamiento de dicha corriente oceánica.

Las corrientes oceánicas desempeñan una función decisiva en la regulación climática del planeta. Sus desplazamientos las convierten en una banda transportadora de energía térmica, lo que permite modelar las temperaturas y el estado del tiempo. En el caso de la Corriente del Golfo, el desplazamiento de aguas cálidas hacia los mares subpolares regula la temperatura de varias regiones de Europa occidental. Esta situación permite que países como Gran Bretaña, Holanda o Francia tengan temperaturas más benignas que las de los estados de la costa este de Estados Unidos, que se encuentran a la misma latitud; la diferencia puede ser de hasta cinco grados centígrados.

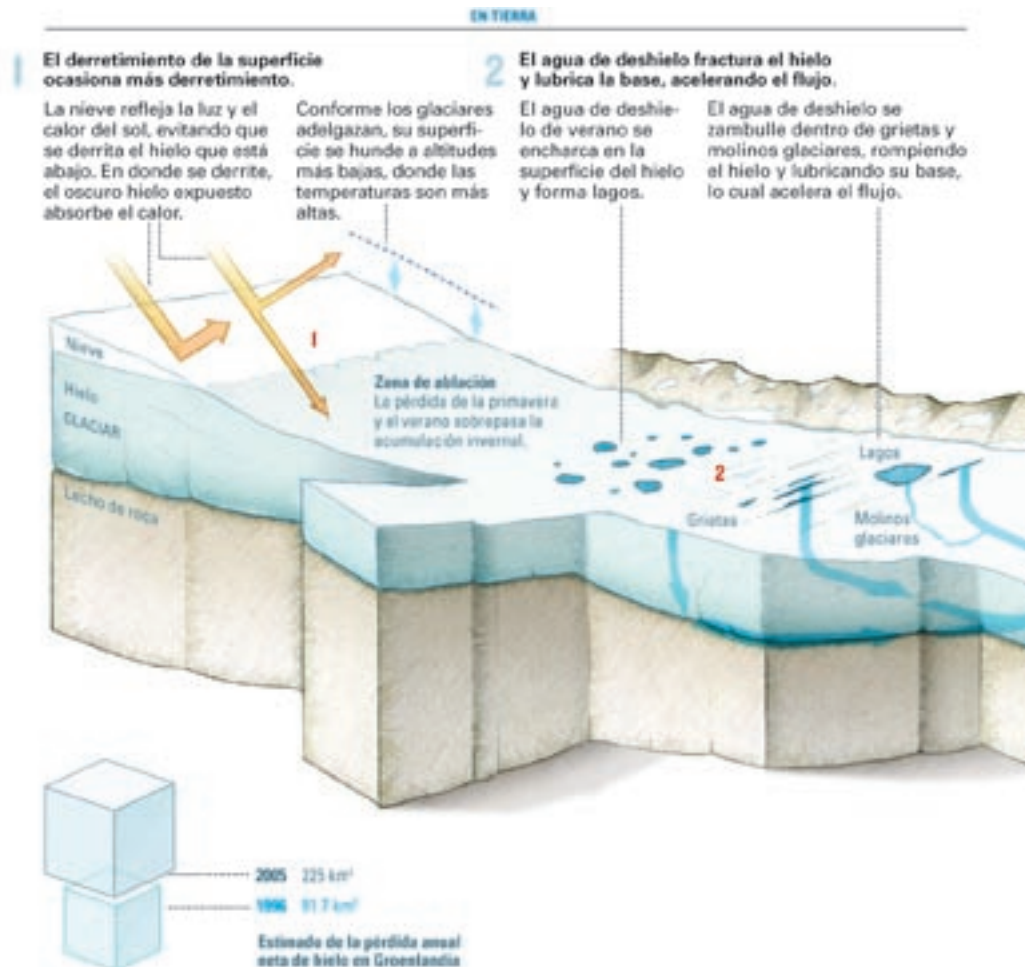
Entre las múltiples repercusiones que podría acarrear el cambio climático generado por el calentamiento global se encuentra la disminución de los glaciares y las cubiertas de nieve. En un reporte emitido recientemente por el Programa de la Organización de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), se estima que de no tomarse las medidas necesarias para

enfrentar una contingencia de esta naturaleza, cientos de millones de personas se verán afectadas en sus vidas y en su patrimonio.

El documento, titulado *Perspectiva global sobre la nieve y el hielo*, apunta que “Solo la pérdida de nieve y de los glaciares de Asia afectaría a aproximadamente 40% de la población mundial”. Igualmente, se estima que si el hielo de Groenlandia se derritiera por completo, el nivel del mar podría incrementarse hasta en unos siete metros de altura. Cabe señalar que Groenlandia

y la Antártida concentran aproximadamente 98% del agua dulce congelada del planeta.

Los datos aportados por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático apuntan hacia el deshielo de glaciares, superficies cubiertas con nieve y lagos congelados. Esto implica una suerte de círculo vicioso, debido a que estos elementos desempeñan una función importante en la regulación de la radiación recibida por el planeta. El llamado albedo consiste en la fracción de luz recibida que difunde un cuerpo



no luminoso; en el caso de la Tierra, una parte de la radiación recibida del Sol se regresa, o “rebota”, al espacio exterior gracias a la presencia de la nieve y los glaciares. El derretimiento y la consecuente desaparición de esta agua “inmovilizada” propicia un aumento de la radiación recibida, con el correspondiente aumento de la temperatura global.

### Investigación desde México

El grupo de investigadores del CCA se dio a la tarea de modelar un posible escenario que tome en cuenta el deshielo de los glaciares de Groenlandia, con la consecuente incorporación de grandes volúmenes de agua dulce en algunas regiones del Atlántico Norte.

El doctor Víctor Manuel Mendoza, jefe del grupo de modelos climáticos del CCA, precisa que la hipótesis de trabajo de este equipo implica

que “una disminución en la salinidad de los mares subpolares del Atlántico Norte, debido al derretimiento del Glaciar de Groenlandia por el calentamiento global, puede anular los giros subpolares y en consecuencia debilitar o detener la gran banda transportadora del océano alterando la Corriente del Golfo”.

Mediciones realizadas por distintas estaciones de monitoreo indican que en los últimos 40 años se ha registrado un descenso en la salinidad (partes por mil) de los mares subpolares. Las estaciones se encuentran ubicadas en el Mar de Irminger, el Mar de Labrador, el Estrecho de Dinamarca (que es un canal ubicado entre el oriente de Groenlandia y el poniente de Islandia) y el Canal Faroe-Shetland.

Mendoza apunta que “hay preocupación de que llegue a tal grado la disminución en la salinidad que

el agua se detenga. El agua fría y salina es más densa; si se agrega agua dulce se puede detener la banda transportadora”.

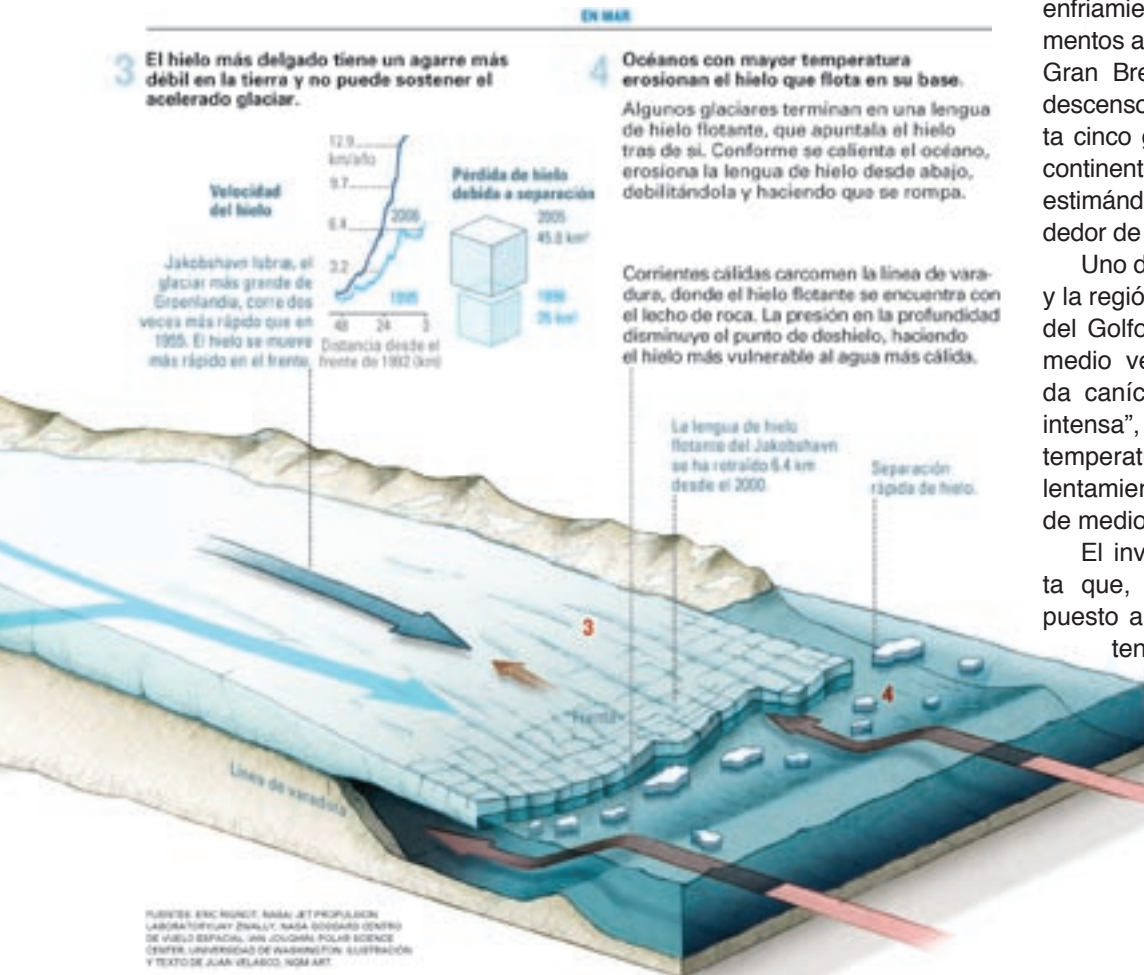
De acuerdo con un documento elaborado por el equipo de investigadores del CCA, en el que además del doctor Mendoza se encuentran René Garduño, Benjamín Martínez y Julián Adem, quien es el fundador del CCA, se utilizó el Modelo Termodinámico del Clima, desarrollado por Adem, para una simulación climática que permita construir un escenario sobre los cambios que podría ocasionar el debilitamiento de la Corriente del Golfo.

### Consecuencias a ambos lados del Atlántico

Una de las principales consecuencias que acarrearía la confirmación de la hipótesis planteada por los investigadores del CCA sería la del enfriamiento de Europa. Los experimentos arrojan como resultado que Gran Bretaña podría registrar un descenso de temperatura de hasta cinco grados centígrados; en el continente el impacto sería menor, estimándose el descenso en alrededor de tres grados centígrados.

Uno de los efectos para México y la región bañada por la Corriente del Golfo sería que “la sequía de medio verano en México (llamada canícula) puede resultar más intensa”, pero el incremento en la temperatura superficial por el calentamiento global sería tan solo de medio grado centígrado.

El investigador del CCA resalta que, paradójicamente, superpuesto al calentamiento global se tendría el enfriamiento de Europa, por lo que consideró necesario incrementar el apoyo a las investigaciones sobre este tema, debido a las consecuencias planetarias que acarrea.





## Experimentos simples para entender una Tierra complicada Fascículo 1. La presión atmosférica y la caída de los cuerpos

Alaniz-Álvarez, Susana A. y Nieto-Samaniego, Ángel F.

Centro de Geociencias, UNAM

México, 2007

Sandra Vázquez Quiroz

Con la finalidad de sensibilizar a niños y adultos sobre la importancia de la ciencia, así como del medio ambiente, este primer fascículo, de una serie de diez, toma como base los diez experimentos considerados por algunos expertos como las más bellas experiencias científicas de los últimos tiempos (*Physics World*, 2003), cuya lectura pretende sembrar la curiosidad y la conciencia sobre diversos fenómenos que acontecen en la Tierra.

Con materiales fáciles de conseguir y breves explicaciones de eventos que puede observar en la naturaleza e incluso aplicarlos a la vida cotidiana, este cuadernillo permite que el lector comprenda cómo se forman algunos fenómenos, por ejemplo los vientos y las corrientes marinas, cuál

es la función de la presión atmosférica, qué es la gravedad o a qué se refiere la densidad del aire.

El personaje central es Galileo Galilei, por ser considerado el padre de la ciencia física; también explica leyes y principios como las de Boyle, Gay-Lussac, Arquímedes y Pascal de manera fácil, sencilla y experimental.

Este fascículo se está distribuyendo en el Museo de Geología y en Universum, así como en escuelas públicas rurales de varios estados de la República. Formará parte de la campaña de divulgación científica con la que la UNAM participa en el Año Internacional del Planeta Tierra.

También está disponible en internet: [http://www.geociencias.unam.mx/desarrollo/libro\\_expgalileo\\_bynweb.pdf](http://www.geociencias.unam.mx/desarrollo/libro_expgalileo_bynweb.pdf)



## Personajes en las ciencias

Alicia Ortiz Rivera



El 28 de abril de 1955 se realizó el primer examen profesional en la Facultad de Ingeniería de la recién estrenada Ciudad Universitaria. Lo sustentó Carlos Castillo Tejero para graduarse de ingeniero civil, estudios que complementaban su formación de geólogo, disciplina en la que se había titulado en 1949, con mención honorífica. Fue el arranque de una larga y fructífera carrera que lo llevó a ocupar cargos relevantes en Petróleos Mexicanos, el Instituto Mexicano

del Petróleo, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes; a presidir la Sociedad Geológica Mexicana, la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros y el Colegio de Ingenieros de Minas, Metalurgistas, Petroleros y Geólogos de México, y a recibir numerosas distinciones profesionales y académicas por su trabajo docente en su *Alma Mater*, donde fue reconocido por su intensa labor a favor de la unión de los ingenieros y la formación de profesionales con sólido sentido ético.

Originario de Mérida, obtuvo la maestría en Ingeniería Geofísica por la Escuela de Minas de Colorado (EU), y especializaciones en Problemas de Desarrollo Económico y Eva-

Ing. Carlos Castillo Tejero

(1927-2006)

luación de Proyectos en la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), y Manejo de Riesgo en Proyectos de Exploración de Petróleo y Gas en la Universidad de Pensilvania.

Impartió 21 diferentes cátedras en las divisiones de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodésica; Ciencias de la Tierra y Ciencias Sociales y Humanidades, a lo largo de 45 años de docencia ininterrumpida. Participó con la NASA en la exploración de hidrocarburos y presidió la reunión internacional de expertos en evaluación geológica de cuencas paleozoicas, mesozoicas y terciarias. Obtuvo las Palmas Académicas en Grado Oficial del gobierno de Francia.

Pilar de la familia que formó con Blanca Martínez, de cinco hijos y diez nietos, Rolando de la Llata, jefe de la División de Ciencias de la Tierra, su discípulo, lo evoca como un "apasionado por la geología y la industria petrolera"; universitario que "abogó por una educación de excelencia y de superación académica, (que) veía en el conocimiento formas del progreso y de mejorar la calidad de vida y el bienestar de nuestro pueblo", y que marcó su vida con los valores de la honestidad, responsabilidad, respeto, sinceridad, decencia, sencillez, con los que ganó el aprecio de su gremio, de la comunidad universitaria y dejó huella imborrable en la ingeniería mexicana.

# JAMES HUTTON,

## fundador de la geología moderna

Óscar Peralta

La creencia de que la Tierra se formaba de manera perpetua fue de un campesino y naturalista escocés, James Hutton, quien pensaba que el material fundido se forzaba a ascender para formar montañas, después se erosionaba y luego los sedimentos eran arrastrados a otras partes. Gran observador del mundo que lo rodeaba, Hutton elaboró los primeros argumentos geológicos cuidadosos y razonados y llegó a plantear que la historia de la Tierra podría saberse al comprender cómo funcionan en la actualidad procesos como la erosión y la sedimentación. Sus ideas y razonamientos para estudiar la Tierra dieron pie a que la geología se estableciera como una ciencia.

A fines del siglo XVIII, cuando Hutton examinaba cuidadosamente las rocas, en general se creía que la Tierra se había creado unos seis mil años antes (para ser más precisos el 22 de octubre de 4004 antes de Cristo, de acuerdo con el análisis del siglo XVII de la Biblia realizado por el arzobispo James Usher), y que los fósiles eran remanentes de animales que perecieron durante el diluvio bíblico.

En el caso de la estructura de la Tierra, los filósofos naturalistas estaban de acuerdo en que los lechos de rocas consistían de capas largas y paralelas que se presentaban con distintos ángulos, y que los sedimentos depositados por el agua se comprimían hasta formar rocas. Hutton percibió que la sedimentación es muy lenta e incluso que las rocas más viejas se componían de, en sus propias palabras, "materiales proporcionados por las ruinas de continentes enteros". El proceso inverso ocurre cuando una roca expuesta a la atmósfera se erosiona y desintegra. Él llamó a este fenómeno de destrucción y renovación el "gran ciclo geológico" y notó que se cumplía en innumerables ocasiones.

Hutton llegó a su campo de estudio de manera indirecta. Nació en

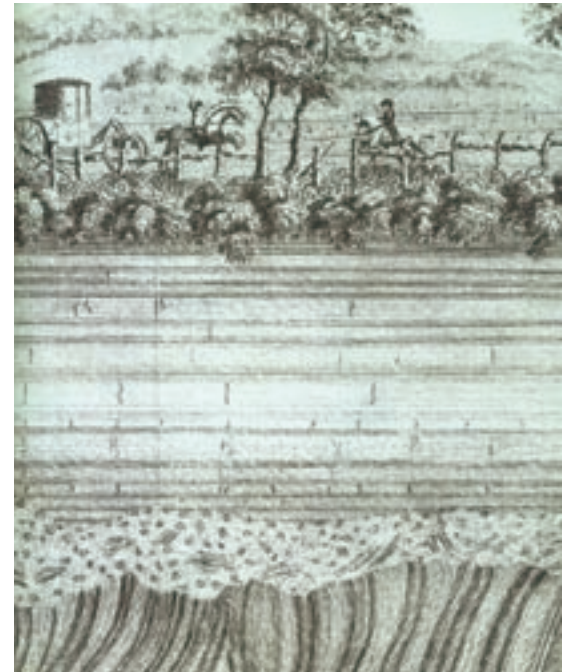
Edimburgo en 1726, estudió medicina y química en Edimburgo, París y Leiden, y después pasó catorce años visitando dos pequeñas granjas familiares. Fue la actividad agrícola la que le dio la obsesión sobre cómo puede mantenerse la Tierra pese a las fuerzas destructivas del viento y la intemperie. Hutton comenzó con devoción sus hallazgos científicos, su paradigma filosófico y su extraordinario poder de observación en un tema que tenía un nombre adquirido recientemente: geología.

### Ni principio ni fin

En 1768 se mudó a Edimburgo, donde un visitante describió su estudio años después como "tan lleno de fósiles y aparatos químicos que era verdaderamente difícil encontrar un espacio para sentarse". En un documento presentado en 1788 ante la Real Sociedad de Edimburgo, una organización científica recién fundada, Hutton describió un universo muy distinto al cosmos bíblico: uno formado por ciclos continuos en los que las rocas y los suelos se vierten en los mares, se compactan en lechos, son forzados a ascender a la superficie por procesos volcánicos y con el tiempo se deterioran de nuevo en sedimentos. "Por lo tanto, el resultado de esta investigación física es que no encuentro el vestigio de un comienzo, ni el prospecto de un fin", concluyó Hutton.


A partir de sus observaciones sobre la formación de rocas en Escocia, infirió que las altas presiones y temperaturas en la profundidad de la Tierra podrían provocar reacciones químicas que formaban basaltos, granito y vetas de minerales. Propuso también que el calor interno del planeta causaba que la corteza se calentara y expandiese, dando como resultado elevaciones que formaban las montañas.

Otro concepto de Hutton fue la



Sección que muestra la discontinuidad de los estratos de rocas visitados por Hutton. Fuente: *The Science Book*, editado por Peter Tallack, Londres 2001.

teoría del uniformismo, una idea de que las fuerzas geológicas que actúan hoy son las mismas que las que operaron en el pasado. Esto significa que la rapidez de la erosión y la sedimentación que ocurren en la actualidad son similares a las de tiempos remotos, permitiendo así estimar cuánto tiempo tardaron en depositarse en los sedimentos, dado cierto espesor. Se hizo evidente que hacía falta mucho tiempo para que se depositaran enormes capas de sedimentos.

El uniformismo es un principio fundamental de las ciencias de la Tierra y un ataque frontal a la escuela de su época llamada catastrofismo, que creía en catástrofes naturales, como el diluvio universal, que reducían la edad de la Tierra a 6000 años. De hecho, la edad de la Tierra fue el primer concepto revolucionario de la geología para que emergiese como una ciencia nueva. 

Fuente: Mathez E. A., *Earth: Inside and Out*. New Press; © 2000 American Museum of Natural History.

# Fitoplancton y cambio climático

Óscar Peralta

**La biota de la Tierra no solo se adapta pasivamente a las condiciones ambientales, sino que también participa y las influencia por medio de regulaciones en la composición química de la atmósfera.**

En 1987, cuatro investigadores propusieron que, bajo el efecto del calentamiento global, si llega más radiación a la superficie de los océanos, entonces la fotosíntesis realizada por el fitoplancton producirá más dimetil sulfuro, lo que generaría un mayor albedo (razón entre la energía luminosa que difunde por reflexión una superficie y la energía incidente) en la atmósfera y, en consecuencia, una disminución de radiación solar en la superficie de los océanos. Este fenómeno del albedo podría verse como un método con el cual la biota autorregula la temperatura del planeta manteniendo su homeostasis.

En estos días se acepta la noción de que la biota de la Tierra no solo se adapta pasivamente a las condiciones ambientales, sino que también participa y las influencia por medio de regulaciones en la composición química de la atmósfera. Dentro de este escenario, dos décadas después de la sugerencia de la participación del dimetil sulfuro en actividades de la biosfera marina que regulan el clima del planeta, pese a que aún no se ha comprobado completamente pero tampoco se ha refutado con evidencia, muchos científicos están atentos a una pieza importante de este complejo entramado del cambio climático global.

El dimetil sulfuro (DMS) es una sustancia que al oxidarse en la atmósfera se convierte en diminutas partículas de sulfatos y sulfonatos que contribuyen a crear núcleos de condensación que promueven la formación de nubes. Estos pequeños núcleos absorben y dispersan la radiación solar de regreso al espacio provocando un enfriamiento en el clima del planeta. Predecir las concentraciones de DMS en la superficie de los océanos es un proceso elemental para elaborar modelos climáticos que consideran variaciones en el tiempo y en las diversas regiones de la Tierra. Sin embargo, estas predicciones son un desafío, porque los procesos para determinar concentraciones ambientales en la superficie oceánica son complejos y, en muchas ocasiones, no son concluyentes.

El fitoplancton marino, formado por pequeños organismos que tienen capacidad fotosintética, como las algas y algunas bacterias, se encuentra en la base de la cadena alimenticia de los ecosistemas oceánicos, ya

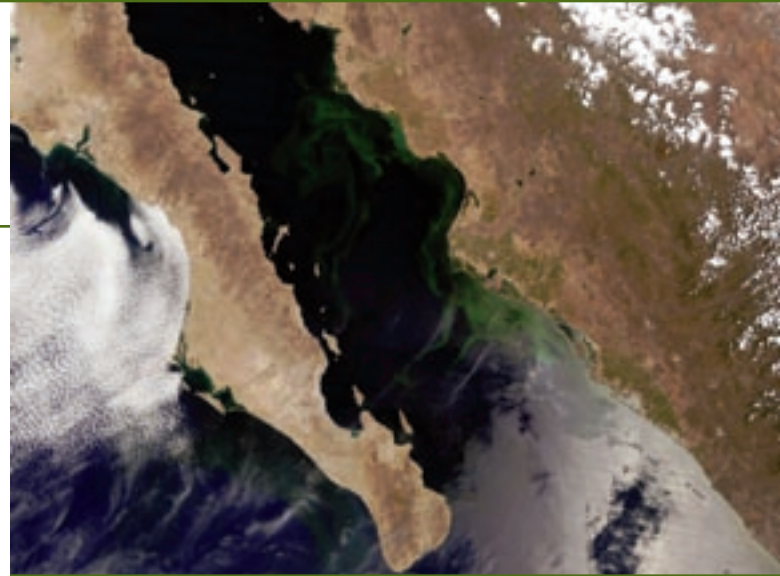


Imagen satelital de manchas de fitoplancton en el mar de Cortés, Baja California, México.

que sirve de alimento a organismos mayores; además, realiza la parte principal de la producción primaria en este entorno y es responsable de 98% del oxígeno de la atmósfera, así como de la liberación de una sustancia que se llama dimetil sulfoniopropiato (DMSP).

El DMSP es el precursor del dimetil sulfuro. Las enzimas de algunas algas y bacterias convierten el DMSP en DMS y desempeñan una función muy importante en el control de la tasa de producción de DMS. Al mismo tiempo, el DMSP participa en los ciclos de sulfuro y carbono de las redes marinas de microbios.

A partir de investigaciones, en todo el mundo se ha logrado formar una base de datos con registros de DMS, la cual ha sido particularmente útil en la creación de modelos y algoritmos que predicen sus concentraciones en todo el planeta. Los datos provienen de distintas regiones y épocas del año; sin embargo, aún hay zonas con muy pocos registros y los algoritmos propuestos a veces son inexactos para vastas regiones oceánicas.

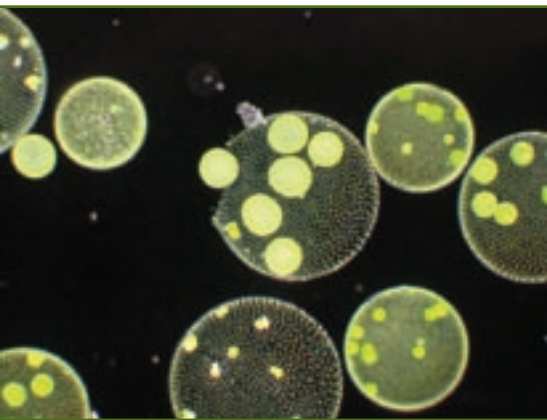
## DMS en el Pacífico mexicano

El Golfo de California se caracteriza por ser el resultado de una combinación de enormes masas de agua con distintos orígenes, como las aguas tropicales de superficie, las del Golfo de California y las de la corriente de California, que forman gigantescos movimientos de agua que promueven una actividad biofísica muy intensa y particular. En esta zona del océano Pacífico, hace dos años, se realizó una campaña de investigación a bordo del buque *El Puma* de la UNAM con el fin de estudiar las concentraciones de DMS y DMSP y de otras



sustancias químicas en las profundidades oceánicas.

Amparo Martínez, ecofisióloga e investigadora del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, estudia la actividad marina en el Pacífico y el Golfo de México. Sus investigaciones, junto con las de científicos de otras instituciones y universidades, confirmaron la existencia de movimientos de masas de agua en el litoral del Pacífico mexicano, así como la presencia de una corriente vertical en las costas de Baja California, provocadas por diferencias en la salinidad y temperatura de las aguas. Este último parámetro es fundamental para la presencia del fitoplancton, y conforme aumenta también crece la con-



*Volvox aureus*, integrante del fitoplancton marino.

centración de microorganismos. En los movimientos de las masas de agua, los investigadores observaron un incremento en la concentración de clorofila y una reducción en la de oxígeno, lo que confirma una intensa actividad fotosintética. Además, encontraron que las mayores concentraciones de DMS estaban donde la concentración de clorofila era máxima dentro de los movimientos horizontales y en la superficie de la corriente vertical. Al medir las concentraciones de DMS y DMSP también determinaron que las cantidades eran mayores en comparación con los modelos y algoritmos biofísicos que predicen

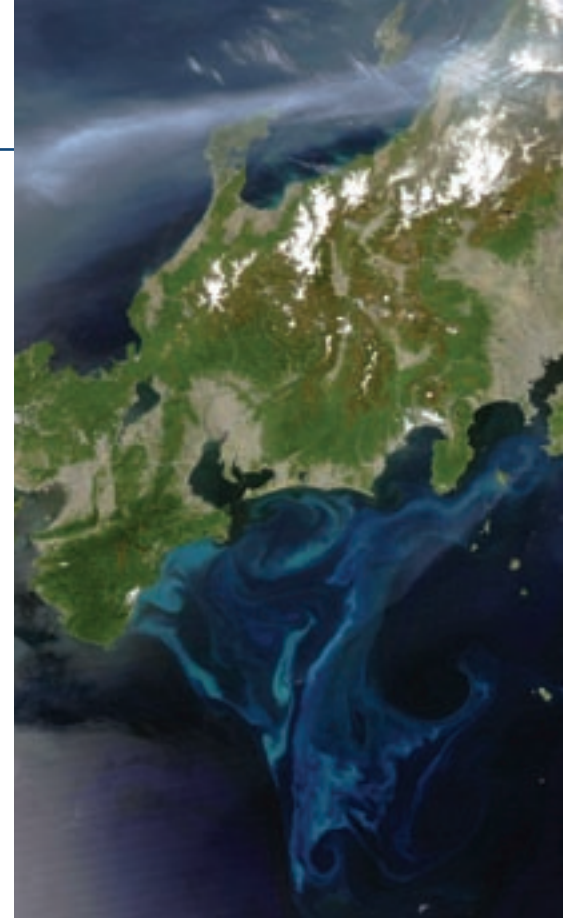
concentraciones para esas zonas marinas.

Estos descubrimientos universitarios sugieren que los movimientos de enormes masas de agua, así como los procesos de advección (penetración de una masa de aire frío o cálido en un territorio), los grandes cambios dentro de la capa límite marítima y las variaciones de la radiación solar en las áreas de estudio pueden desempeñar una función mucho más importante que la considerada por los modelos de predicción, lo que afecta directamente la producción de DMS en los océanos.


### Implicaciones

Hace más de treinta años, Lovelock y Margulis propusieron que la biosfera crea una homeostasis atmosférica al mencionar que tanto el potencial redox (óxido-reducción) como la acidez de la superficie de la Tierra son anómalos, en comparación con nuestros planetas vecinos, y que la vida puede tolerarlos. Esta hipótesis incluye tanto la regulación del clima como de la composición química de la atmósfera y sugiere funciones más importantes de los gases biogénicos. Esto se empleó para realizar predicciones, como la de los organismos marinos que podrían producir compuestos volátiles capaces de transferir elementos esenciales de los océanos a los continentes. El descubrimiento de que el dimetil sulfuro y el dimetil yoduro son, respectivamente, los principales transportadores en los ciclos de sulfuro y yodo apoya esta teoría. La hipótesis de Lovelock y Margulis se ha extendido para incluir la regulación de gran parte de la composición química de los océanos.

El calentamiento global, en términos llanos, se genera por un exceso de gases de invernadero en la atmósfera, y muchos de ellos son el producto directo de varias actividades humanas. A fin de cuentas,



Grandes concentraciones de fitoplancton frente a las costas de Japón.

la humanidad ha encontrado la forma de modificar el clima de todo el planeta. Sin embargo, el hecho de encontrar microorganismos que de alguna manera se coordinan en sus redes bióticas para desacelerar el incremento de temperatura en su entorno es un fenómeno fascinante; por ejemplo, el fitoplancton, que genera más DMS para producir más núcleos de condensación de nubes e impedir que la radiación solar llegue a la superficie del océano con la intensidad habitual calentando aún más un ecosistema de por sí caliente por un fenómeno ajeno a ellos, en un intento por mantener la homeostasis de su hábitat. Se puede observar, además, que si minúsculos organismos son capaces de organizarse para impedir un fenómeno que aparentemente rebasa su capacidad de acción, entonces también es posible pensar que organismos en niveles tróficos superiores puedan realizar proezas iguales o mayores tan solo si se ponen de acuerdo en hacerlas. 

# De la historia y las nuevas ideas en torno a los mapas

*El mapa es “aquella viva representación que en poco papel presenta a la vista los dilatados espacios de [la] superficie [terrestre]”.*

*José Antonio de Alzate y Ramírez, 1772*

Héctor Mendoza Vargas  
Investigador del Instituto de Geografía



Primer mapa del mundo trazado en una tablilla de arcilla por la cultura babilónica en el año 600 a. C.

La representación de los lugares, ideas, condiciones o procesos del mundo humano es, en general, aceptada como el origen de los mapas. Esta definición de John Brian Harley ha sido reconocida en los últimos años y la teoría de los mapas y de su historia ha cambiado sustancialmente de las posturas que limitan el análisis al conjunto de las operaciones matemáticas de la representación espacial, hechas por los ingenieros, hacia otras propuestas que han diversificado los criterios de investigación de los mapas con perspectivas sociales, políticas, ideológicas, religiosas, económicas o diplomáticas.

Considerado como una de las invenciones más importantes de la humanidad, el mapa integra información que su creador ha seleccionado y privilegiado, con lo cual responde más a criterios culturales y necesidades sociales que al mundo geográfico real. La historia de los mapas, en palabras de Peter Barber, será aquella que enfoque su estudio a la mentalidad y las exigencias de cada sociedad. Con este postulado, es posible escribir la historia de las representaciones sobre el papel.

En la actualidad, la historia de los mapas es uno de los desafíos más atractivos para el ingenio humano porque su estudio integra una gran variedad de objetivos e intereses encerrados en los márgenes de cada mapa. Se requiere de imaginación y, por supuesto, de sólidas bases para descifrar la representación, el simbolismo o la expresión de cada mapa. La nueva naturaleza de los mapas, como hoy se conoce, abre paso a una nueva epistemología como alternativa cultural a la hora de leer o interpretar los mapas.



Atlas (Mar Pacífico)(detalle), Abraham Ortelius, siglo XVII, Amberes, Bélgica, impreso sobre papel. Col. Biblioteca Nacional, Fondo Reservado/ UNAM.

Algunos ejemplos de los nuevos estudios han identificado en petroglifos italianos del año 1500 a. C. el trazo de un grupo de viviendas y varias parcelas alrededor que hizo una comunidad, como una expresión de ansiedad e inseguridad ante la espera de los cultivos y el reemplazo de actividades anteriormente bajo dominio como la caza y la recolección de frutas. Este ejemplo encontrado en Bedolina, Val Camonica, una localidad del norte de Italia,



se enlaza con otra historia que indaga en este y otros soportes utilizados en la manufactura de los mapas, por ejemplo, la arcilla empleada en tablillas de la misma época para revisar las “defensas de la ciudad” de Nippur, al norte del actual Irak. Las marcas sobre este material señalan con más precisión las puertas de la ciudad, los edificios y la cercanía del río Éufrates.

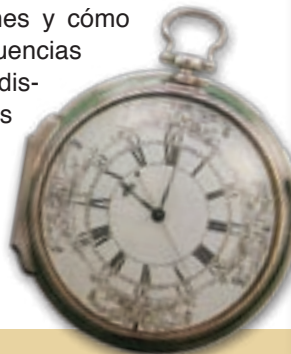
Tales piezas son ejemplos supervivientes de un pasado lejano que entregan a la arqueología y la antropología información valiosa sobre las sociedades pretéritas y a la geografía sobre antiguas territorialidades. Este legado es una muestra de lo que la nueva historia de los mapas indaga de las antiguas civilizaciones y que las recientes interpretaciones ofrecen nuevos conocimientos extraídos de los antiguos mapas.

Cuando a finales del siglo XV, del Mediterráneo oriental y meridional los conocimientos geográficos fueron transferidos al ámbito occidental y septentrional, Europa descubre la inmensidad de la dimensión del mundo y la mirada de los exploradores enriquece las experiencias, primero en Asia y África, luego en América. Los ríos, desiertos y montañas crean asombro admirativo o espantado entre los navegantes. Los viajeros quedan estupefactos, comenta Michel Mollat, con el ancho de los estuarios y con una franca admiración ante la actividad de la navegación fluvial como ante la potencia de los ríos asiáticos y africanos. Igual desmesura es percibida por los desiertos, espacios vacíos y excesos climáticos. En Asia interior y en el Sahara impresiona la inmensidad arenosa, el polvo y los vientos... ni hombres, ni plantas, ni árboles. Las montañas fueron otra impresión en los ojos de los viajeros y en los registros de los mapas. Su gran altura despertaba pavor y miedo a los rigores de las heladas, de los peligrosos y estrechos senderos,

de sus bandidos que asechaban a los comerciantes. Todo eso necesitaba de nuevos mapas y la invención de los libros de mapas o atlas geográficos fue una respuesta tecnológica de la geografía que permitió la representación de lugares lejanos sobre el papel donde fijar las rutas seguidas por los comerciantes o donde localizar las fronteras y los nuevos e inmensos territorios.

### "Apropiación intelectual"

En los tiempos modernos y con el surgimiento de una nueva mentalidad estatal, por lo menos desde el siglo XVII, el mapa ha servido para la “apropiación intelectual” del territorio, por medio del cual se valida la ocupación o el nombre de una tierra. El mapa forma parte de las instituciones del poder del Estado, ya que con esta imagen se “anticipaba a la realidad espacial” y funcionaba como un modelo de lo que se pretendía representar. Benedict Anderson llama la atención sobre la actuación de los estados europeos e iberoamericanos a la hora de producir los mapas nacionales, sobre todo durante el siglo XIX, para reconstruir la historia de la propiedad de sus nuevas posesiones y cómo de las secuencias cronológicas dispuestas en los mapas surge una especie de “narrativa político-



Cronómetro H4.


A principios del siglo XVIII, la cartografía estaba muy avanzada, pero la medición del tiempo aún era imprecisa, especialmente en lo referente a la navegación. Para determinar correctamente el tiempo, tanto en tierra como en el mar, era importante establecer de manera precisa la ubicación longitudinal del barco (es decir, la diferencia entre el tiempo local y el tiempo de una posición conocida, siendo 15° de longitud equivalente a una hora de tiempo). Con ese fin, el gobierno británico creó en 1714 el Consejo de Longitud, el cual ofreció un premio de 20 000 libras esterlinas por la invención de un método que ofreciera la longitud hasta con medio grado de precisión. El premio le fue concedido a John Harrison, cuyos cronómetros marinos culminaron en el célebre H4, por ser notablemente preciso y confiable durante el trayecto del barco, por ejemplo, entre Inglaterra y Estados Unidos.

Agradecemos el apoyo de la Biblioteca del Instituto de Geografía de la UNAM para la reproducción de algunas imágenes del libro *The Times Atlas of the World*.



Primer mapa del mundo impreso en Europa en 1472, de *Etymologiae* de Isidoro de Sevilla.

biográfica” del territorio con remotos orígenes históricos.

Actualmente, los mapas han trascendido los ámbitos del poder central hacia la vida cotidiana y su historia refleja la complejidad de las relaciones del hombre con su medio. En los usos públicos y privados son esenciales para la actuación del hombre y de sus grandes empresas e ideales. 





## Cinco siglos de la aparición de América en la cartografía mundial

Patricia de la Peña Sobarzo

como un documento esencial para la memoria e historia de la humanidad.

Para conmemorar este hecho, los institutos de Geografía, Astronomía y de Investigaciones Históricas de la UNAM se dieron a la tarea de tender un puente de colaboración interinstitucional para publicar *Cosmographiae Introductio*, un texto que por primera vez se presenta en español, traducido del latín por el doctor emérito Miguel León Portilla, junto con el apoyo del Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos, la Cátedra Guillermo y Alejandro de Humboldt y el Fideicomiso Teixidor.

De acuerdo con el investigador Héctor Mendoza, del Instituto de Geografía, el mapa significó en su momento un cambio porque el trazo de la geografía americana alteraba la imagen simbólica de los espacios terrestres. “Pocas disciplinas pasaron por una transformación tan importante como la geografía, al finalizar el siglo XV, ante las contradicciones abiertas entre la teoría y la práctica ya que los conocimientos empíricos erosionaron las remotas herencias geográficas”.

A finales del siglo XV la información geográfica circulaba entre los grabadores y talleres de impresión del norte europeo donde se confrontaban los datos y las fuentes, sobre todo las procedentes de los viajeros. La figura de Américo Vespucio no es la excepción y en el cenáculo de Saint-Dié, señala León Portilla, reciben un ejemplar del *Mundus novus*, cuyos detalles son confrontados con los mapas de Ptolomeo. En ese círculo cultural, Waldseemüller planteó “proporcionar conocimientos geográficos verdaderos y precisos” en un nuevo mapa, con el Nuevo Mundo como innovación geográfica que, por es-

tar separado de Asia, necesitó de un nombre propio.

Como resultado, señala Héctor Mendoza, “Waldseemüller anotó el nombre de América sobre la nueva sección incorporada al mapa, en la parte inferior. En la parte superior de la hoja, en cambio, se observa a dos custodios del conocimiento geográfico, que vigilan el acto: a la izquierda Claudio Ptolomeo y a la derecha Américo Vespucio”. Para facilitar la comprensión del mapa, Waldseemüller escribió la *Cosmographiae Introductio*, un texto con dos partes. Una con la cosmografía y la descripción de sus partes, la otra con los relatos de los cuatro viajes de Vespucio por los litorales americanos entre 1497 y 1504.

En 1507 comenzó a reproducirse y difundirse por toda Europa el mapa de Waldseemüller donde se establece por vez primera y de manera definitiva el nombre de América. En Saint-Dié, se juzgó la contribución de Vespucci a la cartografía como más significativa y decisiva que la de Colón, y se castellanizaba el nombre del marino y científico Amerigo Vespucci para nombrar al cuarto continente.

La doctora Alicia Mayer destaca que la palabra que quedó impresa en el mapa derivó en una costumbre identitaria. “El nombre fue tan exitoso y popular que quedó plasmado para referirse a América no solo como continente, sino para designar lo que era realmente ese nuevo mundo que no es Europa ni Asia”. Así, la palabra América trasciende tanto a nivel onomástico como a nivel de identidad porque conlleva un concepto ontológico que define al ente, al ser de los moradores de esta parte del mundo como americanos, de ahí la fuerza de la palabra.

Detalle del mapa realizado por Martin Waldseemüller, donde aparece por primera vez América. (Martín Waldseemüller, *Introducción a la cosmografía y las cuatro navegaciones de Américo Vespucio*, UNAM. México, 2007).

Fomentar la colaboración interinstitucional entre el Subsistema de Humanidades y el de la Investigación Científica es fundamental para contribuir al avance del conocimiento en el país, afirmó la doctora Alicia Mayer, directora del Instituto de Investigaciones Históricas, en conversación con *El faro* a propósito de la obra recién editada por la UNAM *Introducción a la cosmografía y las cuatro navegaciones de Américo Vespucio* de Martin Waldseemüller.

En 1507, el nombre de América apareció por primera vez en la cartografía mundial para designar a un nuevo continente. El mapa ha sido reconocido por la UNESCO desde 2005

# Megaciudades

Patricia de la Peña Sobarzo

*Una megaciudad es resultado de un proceso histórico de centralización donde el centro urbano original ha desempeñado un papel muy importante.*

Desde su aparición, las ciudades han sido el centro natural de todo lo importante: el templo, el tribunal, el mercado, la universidad. Y aunque han sido fuentes de civilización, muchos pensadores las han visto como el origen de la corrupción y la maldad. No en vano los mitos universales siempre han ubicado al edén en el campo.

Sin embargo, la atracción que ejercen es cada vez más poderosa, de ahí que alrededor del mundo hayan experimentado en los últimos veinte años un crecimiento acelerado. Y aunque el aumento es global, el más marcado lo han experimentado los países del llamado Tercer Mundo.

En los próximos treinta años, se estima que la mayoría del crecimiento poblacional mundial tendrá lugar en los países en vías de desarrollo. De acuerdo con el Fondo de Población de las Naciones Unidas se espera que para 2030 el 60% de la población mundial viva en ciudades, que llegarán a ser más grandes que nunca y al rebasar los diez millones de habitantes se habrán convertido en megaciudades.

Aunque no hay un criterio único para definir las megaciudades se encuentran dentro de la escala mayor del desarrollo urbano, es decir, son las más grandes que ha habido en la historia. Hace aproximadamente quince años empezaron a convertirse en objeto de estudio, comenta a *El faro* el doctor Adrián Guillermo Aguilar Martínez, director del Instituto de Geografía de la UNAM, porque cada vez hay



Ciudad de México.

más ciudades de magnitudes mayores a los cinco y ocho millones de habitantes en todas las regiones del mundo. En 1995 había 14; en 2000, 17 y en 2015 habrá 21. Hoy en día, las que alcanzan el calificativo de megaciudad son París, Londres, Nueva York, Los Ángeles, Tokio y Mumbai y otras de países en desarrollo como Buenos Aires, São Paulo y la Ciudad de México.

## Dinámica de conformación de una megaciudad

Una megaciudad es resultado de un proceso histórico de centralización donde el centro urbano original ha desempeñado un papel muy importante. Por ejemplo, en la Ciudad de México, señala Aguilar Martínez, desde tiempos prehispánicos estaba concentrada la capital de un imperio, el Azteca. A su llegada, los conquistadores conservaron la misma localización para la capital de Nueva España e impusieron su ciudad colonial arriba de la ciudad indígena. El gobierno se instaló aquí, así como la clase dominante, con lo que la ciudad mantuvo la misma dinámica de concentración.

Iniciando el siglo XX, con el Porfiriato llegó la inversión extranjera, y aunque disminuyó la actividad económica, la Ciudad de México se mantuvo como el centro de donde salían las principales carreteras y ferrocarriles. En los años cuarenta y cincuenta se mantuvo como la zona principal de industrialización del país. Para los setenta se dio un proceso de salida de algunas actividades económicas, bajó el crecimiento poblacional y otros puntos registraron cierto dinamismo económico que atrajo población y actividad industrial, como Monterrey y Guadalajara, y se empezó a dar un proceso de desconcentración, tanto natural como político.

Cuando las grandes ciudades superan cierto tamaño, entra en juego lo que los especialistas denominan factores externos negativos o desventajas urbanas, tales como contaminación del aire y agua, caos de circulación, proliferación de barrios pobres, ocupación ilegal de viviendas y otros, que ocasionan un proceso de dispersión espontánea denominado "reversión de polaridad". Eso empezó a ocurrir en México a





Tokio, Japón

principios de los ochenta, cuando se dio una redistribución del desarrollo en el territorio hacia otros polos que hoy en día incluyen a la zona metropolitana Puebla-Tlaxcala, Ciudad Juárez, Tijuana, Durango y Torreón, ciudades cuya población se aproxima al millón de habitantes.

### Megaciudades, ¿paraísos o infiernos urbanos?

Los problemas experimentados por las megaciudades, como la congestión del tránsito, el tiempo perdido en traslados, el estrés, la contaminación del aire, el incremento de la delincuencia y el costo de vida más caro son representativos de los desafíos que enfrentan. Y aunque las ciudades no inspiren calificativos de sin igual o paradisíacas, afirma el especialista en geografía urbana, vivir en ellas tiene ventajas. En general, las grandes ciudades se caracterizan por ofrecer empleo mejor remunerado, servicios más especializados, como financieros y hospitalarios, con mejores instalaciones médicas y educativas. También cuentan con reconocidas instituciones de educación superior y de investigación. Coincide que muchas de las megaciudades también son capitales donde se concentran los órganos de gobierno, lo que es importante para la inversión privada. Otra ventaja, apunta el investigador, es estar mejor conectado en el mundo global, ya que hay sucursales de muchas empresas transnacionales. Ofrecen la posibilidad de transportarse vía aérea a casi cualquier ciudad del mundo. En suma, las megaciudades son nodos de economía internacional y global.

Sin embargo, es importante señalar que junto a las grandes ventajas conviven los enormes con-

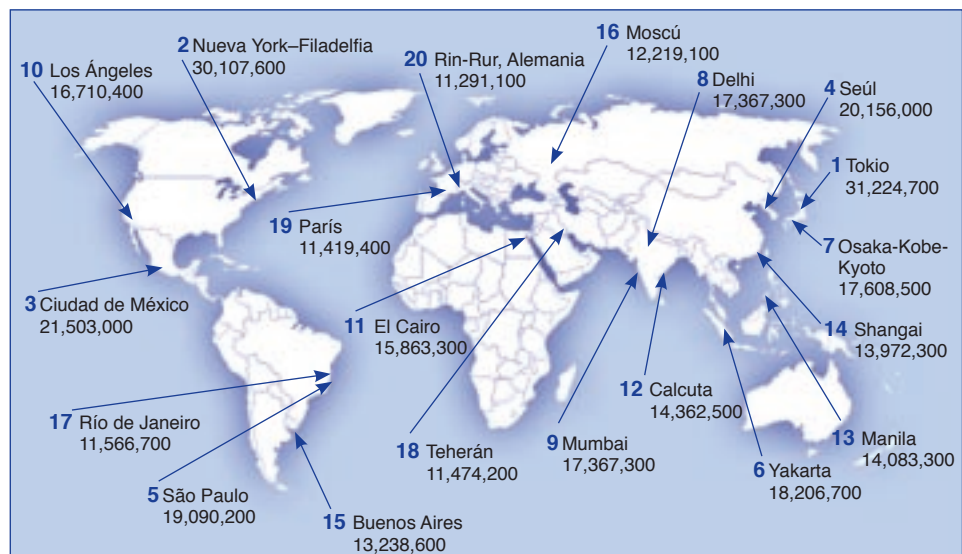
trastes del desarrollo, donde hay estratos sumamente pobres frente a los segmentos más ricos del país, que es una de las características negativas de la megaciudad. Este contraste se manifiesta en una segregación espacial producto de una gran desigualdad social.

### Estudios realizados

En el Instituto de Geografía se ha trabajado sobre problemas de transporte y accidentes de tránsito, la expansión de la mancha urbana y el cambio de uso de suelo en la periferia de la ciudad. Otra línea de investigación es la expansión urbana y el deterioro ambiental, la forma en que la ciudad se ha expandido hacia el suelo de conservación, midiéndose a través de imágenes de satélite y sensores remotos. Este suelo abarca gran parte del sur del Distrito Federal, que es una zona de estricta conservación y donde la ciudad no debe expandirse, porque está considerada de gran valor ecológico, ya que sirve para la recarga acuífera, inclusive para neutralizar la contaminación atmosférica. Durante la administración pasada se hicieron metodologías para medir asentamientos irregulares en todo el suelo de conservación. La pregunta hoy es si se dará continuidad a este tipo de trabajos con el cambio de autoridades.

### La difícil misión de gobernar una megaciudad

Dado que tenemos tres niveles de gobierno involucrados en la conformación de la megaciudad de México, Aguilar Martínez considera que es muy difícil que haya un solo gobierno metropolitano. El concepto de megaciudad suele ser genérico, pero casi siempre se refiere a la zona metropolitana, que es el límite más exterior de la gran ciudad. Este último es un concepto político administrativo, que abarca un conjunto de delegaciones y municipios con una relación muy estrecha entre sí. En



Principales megaciudades del mundo clasificadas por su número de habitantes. (Ilustración Proyecto MILAGRO).



## Ciudades subterráneas

En su reciente visita a la UNAM, el director ejecutivo ante la ONU para la celebración del Año Internacional del Planeta Tierra, Eduardo de Mulder, sostuvo que la capacidad de una ciudad para crecer y acoger a sus habitantes no es tan evidente como en años anteriores. La explosión demográfica se ha acelerado en las últimas décadas y muchas ciudades del mundo han duplicado su población en apenas decenas de años. Por ejemplo, la ciudad de México tenía una población de 2 millones de habitantes a mediados del siglo XX y se ha multiplicado cerca de diez veces en 50 años. La capacidad de la ciudad para crecer junto con su población tiene restricciones geográficas. Muchas ciudades enfrentan problemas similares y han comenzado un crecimiento vertical

encontrando una respuesta al construir edificaciones más altas y, en algunos casos, más profundas.

Ciudades como Nueva York y Montreal manejan proyectos para desarrollar infraestructura subterránea, ya que las condiciones climáticas y geográficas impiden que crezcan en la horizontal. Algunas estaciones de metro han crecido orgánicamente y ahora ofrecen centros comerciales, restaurantes y galerías comunicadas bajo tierra. La gente no vive en las profundidades, pero trabaja ahí, en lugares iluminados, lo que impide que exista una depresión o baja en sus defensas debido a la falta de luz solar. Además, los riesgos de accidentes por terremotos son significativamente más bajos, al igual que los costos de construcción y mantenimiento. El único gasto que

Óscar Peralta y Patricia de la Peña Sobarzo

aumenta es el reciclamiento de aire, pero es menos costoso que edificar hacia arriba.

La vida subterránea se asocia con frecuencia con aspectos negativos, pero frente a la imposibilidad de ensanchar las ciudades, la gente puede acostumbrarse a trabajar unas horas sin luz de sol. De hecho, muchas personas trabajan en oficinas iluminadas con luz artificial sin ver el sol. La idea no es enterrar la ciudad completa, sino aquellas partes que así lo requieran.

Dentro de los objetivos planteados para el Año Internacional del Planeta Tierra es dar los primeros pasos para la creación de un Instituto de Ciencias de la Tierra para el estudio de ciudades subterráneas.


el caso de la Ciudad de México incluye la ciudad original con cuatro delegaciones centrales, además de abarcar el resto del Distrito Federal y todos los municipios conurbados del estado de México. El investigador considera que tiene que haber salidas intermedias y soluciones para problemas específicos. Por ejemplo, resolver el problema del agua, del transporte público y la vialidad.

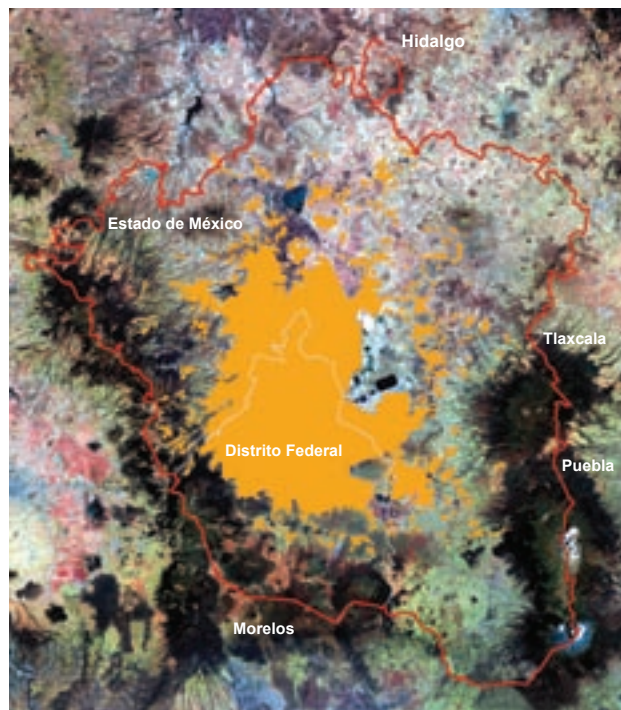
### Vinculación de los científicos en la toma de decisiones

Para que las decisiones que se tomen sean las más adecuadas, los científicos deben acercarse al gobierno y viceversa. "Los científicos debemos estar conscientes de nuestra pertinencia social para apoyar el desarrollo de la ciudad y en esta vía mantener un diálogo sobre las prioridades. Los retos son múltiples y de tamaño mega, desde los ambientales con los tiraderos de basura, la salida de aguas negras y el drenaje, hasta el abastecimiento de agua. Hay que combinar esas capacidades, entre los que tienen un conocimiento profundo y los que están en puestos de toma de decisiones".

### Esperanzas para la megaciudad

A pesar de los problemas, Aguilar Martínez encuentra vías de solución: "En ningún lugar del mundo la gran ciudad se ha colapsado. Es demasiado importante; la riqueza concentrada en la ciudad es mucha en términos de capacidad, de sus habitantes, pero también de infraestructura". Sin embargo, implica invertir demasiado en mantener a la gran ciudad. "Hay que tener visión metropolitana pero también perspectiva regional". Para

bien o para mal, los observadores urbanos coinciden en que la calidad de vida para la mayoría de la gente en el futuro dependerá de la calidad de sus ciudades. 



Zona metropolitana de la Ciudad de México (línea roja). Demarcación del Distrito Federal (línea blanca). Mancha urbana (naranja). Elaboración de Clemencia Santos y Lizbeth Guarneros, Instituto de Geografía, UNAM.

# El interior de la Tierra

Sandra Vázquez Quiroz

El profesor Lidenburk, en *Viaje al centro de la Tierra*, afirmaba que “si el antiguo pergamino de Arne Saknussemm llegase a conocerse, un ejército de geólogos se precipitaría tras las huellas del primer mortal que viajó al centro de nuestro planeta”. Lo anterior, aún en el siglo XXI, podría solo suceder en la literatura fantástica de Julio Verne.

Llegar más allá de los 13 kilómetros hacia el interior de la Tierra es todavía inaccesible. Sin embargo, conocer su estructura y funcionamiento es posible gracias a los estudios de los campos magnético y gravitacional, la rotación y forma del planeta, el flujo térmico y la información sísmica, métodos indirectos que la geofísica utiliza para su investigación.

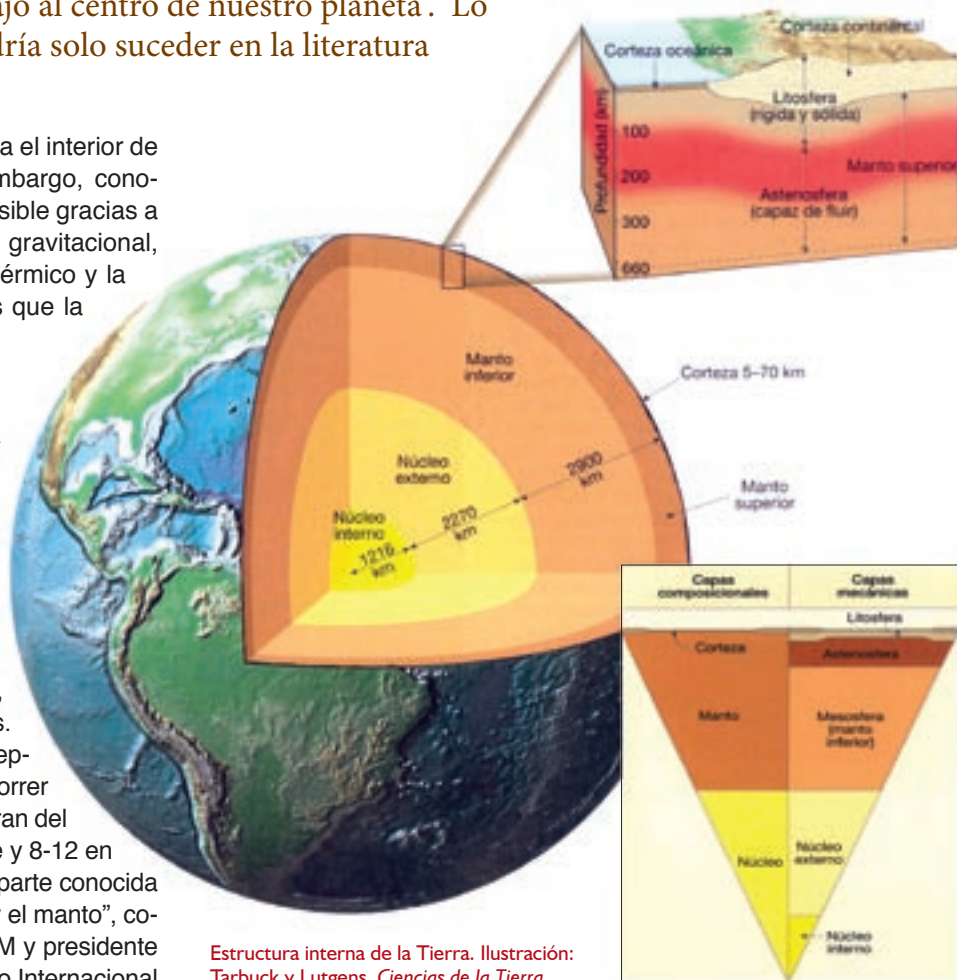
## Perforar la Tierra, ¿para qué?

Considerar que el interior de la Tierra puede ser explorado perforándola es un error, ya que no se utiliza como herramienta para su estudio. Sin embargo, se han hecho perforaciones profundas para obtener un panorama de la estructura del subsuelo. En la península de Kola, en Siberia, la perforación alcanzó una profundidad de 12,262 metros; y en Baviera, Alemania, se llegó a los nueve kilómetros. Esto equivale a una distancia casi imperceptible del trayecto que se tendría que recorrer hasta el centro de la Tierra. “Incluso si fueran del orden de 30-40 kilómetros en la superficie y 8-12 en los océanos, tan solo se llegaría hasta la parte conocida como Moho, en el límite entre la corteza y el manto”, comenta el reconocido geofísico de la UNAM y presidente del Comité Nacional de México para el Año Internacional del Planeta Tierra, Jaime Urrutia Fucugauchi.

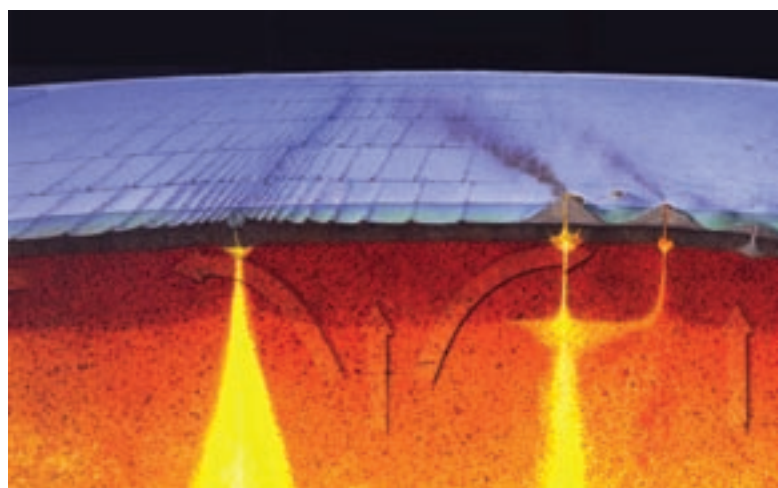
## La profundidad de la Tierra

Estudiar el interior de la Tierra es importante porque es una de las vías para comprender su origen y evolución, así como el de otros cuerpos del sistema solar. Los procesos internos producen buena parte de los fenómenos superficiales, incluyendo la tectónica de placas, actividad volcánica, sismos y el campo geomagnético. Urrutia señala que el relieve es un reflejo de los procesos que suceden al interior de la Tierra.

Gran parte de la distribución de los océanos, continentes, cadenas montañosas, actividad volcánica y sísmica y cadenas montañosas del fondo marino, como la dorsal o la cordillera central oceánica, son resultado de procesos dinámicos que no ocurren en otros cuerpos del sistema solar, como la Luna, que no cuenta con atmósfera, actividad tectónica y volcánica ni campo magnético.



Estructura interna de la Tierra. Ilustración: Tarbuck y Lutgens, *Ciencias de la Tierra*, Prentice Hall, Madrid, 2000.





### La vida entre dos océanos

Las capas que componen la Tierra son corteza, manto y núcleo. Este, a su vez, se divide en núcleo externo e interno, muy similares ambos, formados de hierro con cantidades menores de níquel y otros elementos. Su división se basa en sus diferentes estados. El interno, a pesar de su temperatura más elevada, se comporta como un sólido y el externo es líquido y capaz de fluir, con una viscosidad semejante a la del agua.

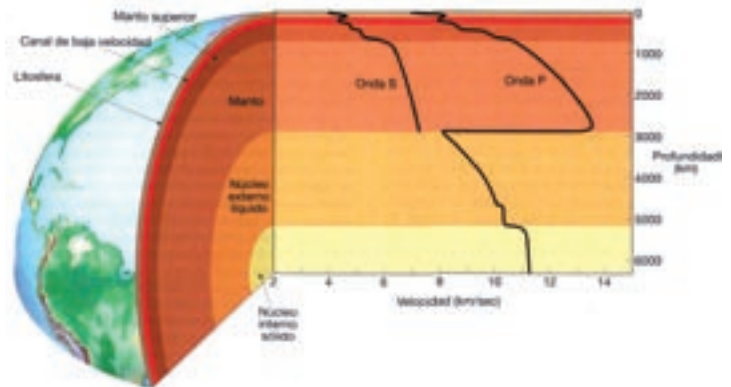
Lo anterior conduce literalmente a vivir entre dos océanos, ya que por una parte se encuentra la hidrosfera y atmósfera y por otra un océano interno, compuesto por minerales de hierro y níquel que se comporta como un líquido y que constituye el núcleo externo terrestre. En este no se transmiten las ondas S o cortantes y su baja viscosidad permite movimientos rápidos asociados con corrientes de convección. En contraste, el núcleo interno presenta una rigidez alta.

Los movimientos del núcleo externo pueden cuantificarse a partir de los datos que afloran a la superficie y empleando simulaciones numéricas y modelos de dínamo autoexcitado<sup>1</sup> que reproducen las características del campo magnético que tiene variaciones de periodo muy cortas.

### Transferencias de energía

En la atmósfera y la litosfera se producen constantes transferencias de energía provenientes de dos fuentes principales: las del sistema atmosférico, que provienen del Sol, y las de la Tierra profunda, que derivan en actividad volcánica, tectónica de placas, actividad sísmica y de flujo térmico.

El también presidente del Comité Nacional para el Programa Internacional de la Litosfera señala que “esta transferencia de energía entra en contacto con las zonas de subducción y parte del material que está en la corteza viaja hacia el interior de la Tierra”. Ahí se producen fenómenos que ocasionan actividad tectónica, magmática y volcánica en la superficie y movimientos de las placas de la litosfera. Es decir, el proceso principal que gobierna



Corte transversal de la Tierra con indicaciones de ondas S y P que se generan durante la actividad volcánica o sísmica. Las ondas sísmicas actúan como “mensajeros” que llevan a la superficie información del camino que recorren. Ilustración: Tarbuck y Lutgens, *Ciencias de la Tierra*, Prentice Hall, Madrid, 2000.

la evolución geomorfológica en la superficie terrestre es resultado de transferencias de masa y energía.

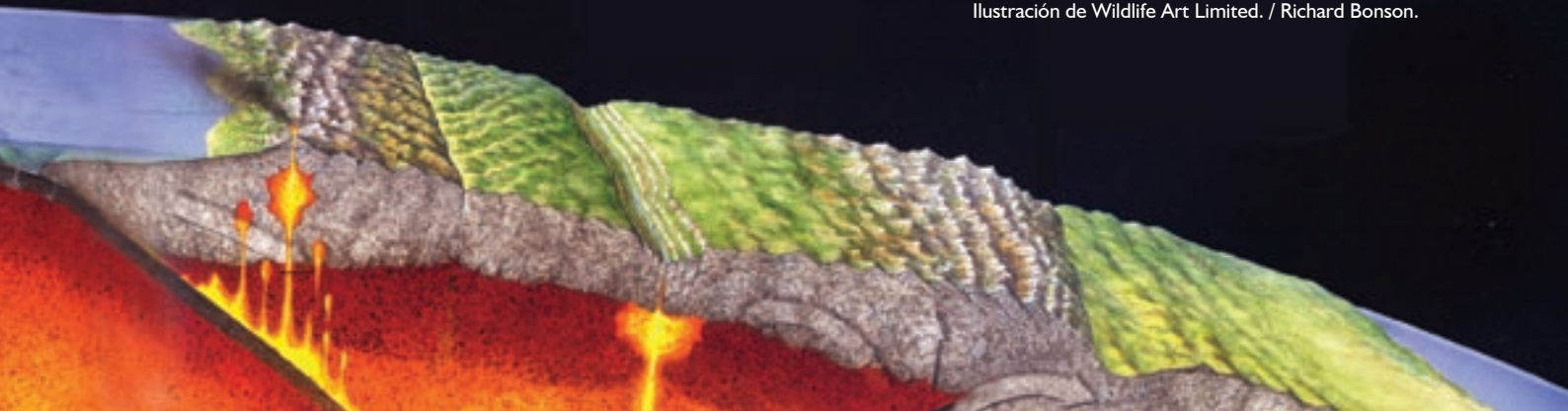
La forma de los planetas, su rotación y movimientos orbitales dan una idea del balance de masa y la composición de su interior. Cuanto mayor sea la masa de un planeta o satélite, ello indica una estructura interna con manto y núcleo.

Urrutia Fucugauchi enfoca sus investigaciones al interior de la Tierra, uno de los temas centrales que se abordarán dentro de los diez programas científicos del Año Internacional del Planeta Tierra. La mayoría de los temas tienen como objetivo la concientización social, pero el del interior de la Tierra es de los pocos orientados hacia la investigación.

Con ello se busca lograr la cooperación internacional y advertir a los gobiernos que es necesario contar con los conocimientos suficientes sobre temas como este para entender los procesos más profundos de la Tierra, que sin duda son un reflejo de lo que observamos y percibimos en el exterior.

<sup>1</sup> También conocido como disco de Faraday, se utiliza para inducir una corriente electromagnética.

Creación de estructuras geológicas a partir de actividad volcánica y movimientos de placas tectónicas. Ilustración de Wildlife Art Limited. / Richard Bonson.





# Una riqueza desconocida: el suelo

Yassir Zárate Méndez

**De entre los temas del Año Internacional de la Tierra, la ONU destaca el del suelo. En entrevista, la doctora Christina Siebe, del Instituto de Geología, ofrece un detallado panorama de la función que desempeña el suelo en el desarrollo de las sociedades humanas; igualmente, hace un llamado a legislar en materia de protección de suelos.**



Presa El Portillo; al fondo, la Reserva de la Biosfera El triunfo (Chiapas). Foto: Fulvio Ecardi. *Agua, medio ambiente y sociedad. Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México.* Julia Carabias (editora). UNAM. México, 2005.

## ¿Por qué la ONU consideró prioritario el tema del suelo dentro del Año Internacional de la Tierra?

Por la función que desempeña tanto para la humanidad como para los distintos ecosistemas. Debemos entender que el suelo no es igual en todas partes, sino que hay diferentes tipos.

Los suelos cumplen funciones diferentes dentro de los ecosistemas. Su uso más inmediato es para la agricultura. Cuando se habla de un buen suelo, se piensa en uno que es bueno para sembrar. Pero no todos son aptos para todos los cultivos.

Además, la sociedad pierde de vista que los suelos también sirven para captar agua de lluvia y recargar los mantos acuíferos; funcionan como un filtro físico, químico y biológico que mejora la calidad del agua. Sin embargo, si un suelo es expuesto a grandes cantidades de contaminantes, llegará el momento en que se sature su capacidad de filtro o de amortiguamiento.

## ¿Qué otras utilidades tienen?

También producen recursos maderables o para el vestido, y pueden explotarse como materia prima (arcillas minerales o turbas), o utilizarse para infraestructura o asentamientos humanos.

Por otro lado, los suelos son hábitat de muchos organismos, desde los muy pequeños, que forman la microflora y la microfauna, como las bacterias y las algas, hasta animales más grandes, como ácaros, lombrices y larvas de insectos. Todos estos organismos constituyen un gran banco de germoplasma. Si no conservamos los suelos, destruiremos esos hábitats y afectaríamos la biodiversidad.

## ¿Por qué no hay una concientización de estas funciones tan importantes que los suelos cumplen dentro de los ecosistemas?

Porque existen diferentes actores en la sociedad que demandan de los suelos cualidades distintas para cubrir sus necesidades o satisfacer sus intereses. En este momento la sociedad urbana solo ocupa al suelo como una superficie para construir y asentar infraestructura. Se podría aprovechar la inercia del Año Internacional de la Tierra para difundir la importancia que el suelo tiene no solo como superficie de construcción, sino sobre todo para mantener y mejorar la calidad del aire, del agua y de los cultivos.

La gente del campo tiene mucha conciencia de que el suelo es el sustrato en el que crecen sus cultivos, pero también sabe que los suelos filtran el agua que brota en los manantiales. En la ciudad se tiene la idea de que el suelo es lo que se pisa y nada más. El problema es que cada vez hay más población urbana que rural; hace falta que los habitantes de las ciudades conozcan mejor las funciones y potenciales de uso.

### ¿Podría el uso adecuado de los suelos ayudar a enfrentar el cambio climático global?

Como sabemos, el ciclo de carbono encuentra un balance a través de lo que respiramos y de lo fijado en las plantas y el suelo. Había alcanzado un quasi equilibrio, pero a partir de la Revolución Industrial se han quemado grandes volúmenes de combustibles fósiles, por lo que estamos poniendo en circulación carbono almacenado en yacimientos durante millones de años. Podríamos empezar a mitigar parte del impacto de la quema de combustibles fósiles si “secuestramos” carbono atmosférico (CO<sub>2</sub>) en forma de biomasa vegetal y en materia orgánica humificada en los suelos.

### ¿Qué hay en materia de legislación para proteger los suelos?

De nuestros recursos, el suelo es el menos visible y lo percibimos como algo “sucio”. Los conceptos de aire limpio y de agua limpia han quedado muy claros, pero la idea de suelo limpio es muy difícil de transmitir, porque es percibido como algo oscuro y sucio, sobre todo por poblaciones urbanas. Por eso la legislación avanzó más rápido en establecer normas de calidad de aire y de agua que de suelo.

Sé del caso de Alemania, donde se ha incluido en la constitución que el suelo es un recurso natural que debe protegerse. Allá se ha avanzado para determinar los umbrales o límites máximos permisibles de muchas sustancias tóxicas o se han establecido niveles tolerables de erosión o salinización; también Suiza y Holanda tienen una legislación muy detallada sobre los límites permisibles, lo cual ha permeado a nivel de la Unión Europea.

En México no hay una Norma Oficial Mexicana (NOM) para límites máximos permisibles de muchas sustancias, pero sí se ha trabajado en la regulación de manejo y disposición de desechos. Al menos ya tenemos claro cómo se tiene que hacer un relleno sanitario y qué calidad de agua debemos verter hacia las aguas superficiales; ahí ya hay reglas muy claras; sin embar-

go todavía no se sabe cuánto es lo máximo permisible para los suelos.

Si conocemos mejor la forma en que funciona el suelo, aprovecharemos más sus servicios y esto servirá para conservar la calidad del aire, del agua y para proteger las plantas. Para eso es necesario conocer mejor los procesos que ocurren en los suelos.



Presa y poblado de Valle de Bravo. Foto de Rurik List.



Estanques acuícolas de Ticaque, Jocotitlán. Foto de Rurik List. *Vida, agua y naturaleza en el estado de México*, Gerardo Ceballos (editor). Gobierno del Estado de México. 2004.



El pavimento es impermeable, por lo que no permite la filtración de agua de lluvia. Zócalo de la Ciudad de México.



# Vivir al borde del RIESGO

Yassir Zárate Méndez

**Las mayores pérdidas en vidas y patrimonios causadas por fenómenos naturales se registran en los países en vías de desarrollo.**

La erupción del Vesubio en 79 d. C., que sepultó las antiguas ciudades romanas de Pompeya y Herculano; el terremoto que asoló a la Ciudad de México en 1985; el tsunami que devastó Tailandia en 2004, y el huracán Katrina que destruyó a Nueva Orleans fueron desastres que tuvieron como denominador común la enorme cantidad de víctimas humanas que causaron, además de la pérdida de un gran número de edificaciones e incalculables quebrantos económicos. Pero una erupción volcánica, un sismo, un tsunami o un huracán por sí mismos no implican un desastre.

Y es que como apuntan las investigadoras argentinas Hilda María Herzer y María Mercedes di Virgilio, "Todos los desastres son resultado de acciones humanas; no se trata de

un acontecimiento físico sino de un proceso social, económico y político desencadenado por un fenómeno natural. [...] Sirven, además, para demostrar, de forma casi permanente, la fragilidad de las estructuras económicas, sociales y de los asentamientos humanos en las distintas regiones".

Los desastres generan cambios radicales en la vida cotidiana de la población y tienen consecuencias y resultados negativos sobre su calidad de vida.

## Cuando los planes fallan

Para Cinna Lomnitz, investigador del Instituto de Geofísica de la UNAM, es indispensable el trabajo multidisciplinario entre los geocientíficos y los especialistas en ciencias sociales, que permita la definición y comprensión de las catástrofes con el fin de tomar las medidas adecuadas que las eviten: "Necesitamos estudiar qué es un desastre, en qué consiste y qué consecuencias acarrea para la población. Hasta ahora hemos tratado de acelerar nuestro conocimiento de la naturaleza y la sociedad, pero no de cómo evitar los impactos de los desastres".

Ante esta perspectiva surge inevitablemente la pregunta: ¿estamos preparados para enfrentar una catástrofe natural? Casi todos los gobiernos, en sus distintos niveles de actuación (en el caso de México hablaríamos de los ámbitos federal, estatal y municipal), instrumentan planes de protección civil, con lineamientos más o menos claros sobre cómo deben actuar las autoridades, los cuerpos de rescate



Daños causados por El Niño, en 1998 en Perú. Jonh Lynch, *The Weather*, BBC. Foto: PA Photos.



Volcán Kilauea, Hawaii. Foto: Goddard Space Flight Center-NASA.

y la población afectada. A pesar de esto, cada año presenciamos escenas de fenómenos naturales que provocan la destrucción de cientos de viviendas y de otras edificaciones con la invariable consecuencia de miles de muertes.

¿Qué circunstancias se deben concatenar para desembocar en una catástrofe? ¿Dónde se encuentran las fallas de los planes y programas de protección civil? Como en este y otros temas, el





Foto: The Science Photo Library, Inglaterra.

peso principal recae en la educación, pero también en políticas públicas orientadas a la protección de la ciudadanía.

A veces los asentamientos no se ubican en los sitios con las mejores ventajas para ser ocupados. Generalmente intervienen factores políticos en la decisión de donde establecer un centro urbano u otro poblado. A manera de ejemplo, Cinna Lomnitz refiere lo ocurrido con la fundación española de la Ciudad de México, tras la caída de Tenochtitlan.

Experto en el tema de terremotos, destaca los sismos que ha enfrentado la Ciudad de México, como los ocurridos en 1957 y 1985, siendo el de este último año uno de los que mayores estragos causó en cuanto a vidas cobradas y edificios destruidos.

Intervienen también otros factores que inciden en la ocurrencia de desastres. Por ejemplo, el escritor y periodista canadiense Douglas Coupland se asombra de la persistencia que muestra una comunidad cercana a la ciudad de Vancouver para mantenerse en el lugar que ha elegido para vivir: "Llegamos a Britannia Beach, un pueblo situado junto a un río que se desborda cada tres años, a pesar de lo cual sus habitantes nunca se van. Lo que hacen es reparar las casas y seguir ahí. La gente es rara".

Otro tanto se puede decir de los habitantes del Medio Oeste de

Estados Unidos, como Kansas u Oklahoma, donde es muy alta la incidencia de tornados, que suelen destruir todo lo que encuentran a su paso... y que ni así hacen que la gente se marche a otro sitio.


En este mismo tenor se encuentran aquellas personas que construyen sus viviendas en los cauces secos de ríos o en las riberas de afluentes más o menos caudalosos. Basta recordar la situación vivida en Chiapas tras el paso del huracán Stan, que arrasó cientos de casas construidas en sitios de esa naturaleza.

### El tema de los riesgos en el Año Internacional del Planeta Tierra

Un documento elaborado por el Comité del Año Internacional del Planeta Tierra reconoce que las mayores pérdidas en vidas y patrimonios causadas por fenómenos naturales se registran en los países en vías de desarrollo. Por tal motivo, considera indispensable la interacción de los geocientíficos con los tomadores de decisiones para diseñar planes de protección civil, pero también para establecer políticas públicas que impidan los asentamientos en zonas de peligro.

Asimismo, recomienda el diseño de atlas de riesgos, con la evaluación de la vulnerabilidad y exposición de las personas y de la infraestructura; realizar cálculos sobre potenciales situaciones usando

modelos de computadora apropiados, y uniformar planes de protección civil.

La meta debe ser la reducción al mínimo de víctimas mortales, además de la atenuación de los daños materiales en infraestructura. La situación no solo debe mover a la reflexión, sino también a la toma de decisiones que permitan eliminar, reducir o atenuar los riesgos provocados por los fenómenos naturales y evitar que se conviertan en desastres. 



Efectos de una inundación en la India durante un monzón. Jonh Lynch, *The Weather*, BBC. Foto: Topham Picturepoint.

## ACERTIJO

Gerardo inventó una CLAVE para su cuenta bancaria. Como tiene mala memoria y no la quiso apuntar, la escondió de la siguiente forma: puso todas las fichas del dominó en un arreglo, lo copió en la figura y dio como su CLAVE a los números que aparecían en fichas completas de la primera columna. Como Gerardo no es tan listo como cree, se le olvidó poner las divisiones que tenían las fichas y ahora no tiene ni para el metro. ¿Puedes decirle qué fichas completas están en la primera columna?

4	2	1	3	4	3	3
4	3	3	2	5	4	0
0	1	3	6	5	5	5
0	0	6	5	6	1	3
6	2	5	2	4	5	0
2	1	5	1	0	1	6
6	4	2	3	4	1	6
6	4	2	2	1	0	0

A las primeras cinco personas que nos envíen por correo electrónico (elfaro@cicctic.unam.mx) la respuesta correcta, les obsequiaremos un libro de temas científicos, de Editorial Siglo XXI.

## RESPUESTA AL ANTERIOR

Una lista de básicos es: 22, 123, 1124, 11222, 11133, 11125. La lista total de los números se obtendría poniendo todos los derivados de éstos. En total son 59 números. Se puede dar varias listas de básicos, otra sería: 22, 132, 2411, 12221, 31113, 25111.

## SOPA DE LETRAS

**ABEL** (1802-1829), no hay un método para resolver las ecuaciones de quinto grado.

**ARQUÍMEDES** (287-212 a. C.), ¡eureka!

**CANTOR** (1845-1918), hay infinitos de distintos tamaños.

**DEDEKIND** (1831-1916), las cortaduras sirven para formalizar el análisis.

**EINSTEIN** (1879-1955), teoría de la relatividad.

**EUCLIDES** (330-270 a. C.), las matemáticas se pueden poner sobre bases sólidas.

**EULER** (1707-1783), el más prolífico de los matemáticos.

**FERMAT** (1601-1665),  $a^n + b^n = c^n$  no tiene solución en los naturales si  $n > 2$ .

**FIBONACCI** (¿1180-1225?), modeló cómo se reproducen los conejos.

**GALILEO** (1564-1642), ¡y sin embargo se mueve!

**GALOIS** (1811-1832), el elegido de los dioses.

**GAUSS** (1777-1855), el príncipe de los matemáticos.

**GODEL** (1906-1978), no todas las proposiciones matemáticas pueden probarse.

**HILBERT** (1862-1943), los 20 problemas matemáticos del siglo XX.

**LEIBNITZ** (1646-1715), uno de los creadores del cálculo.

**LOBACHEVSKI** (1792-1856), existen las geometrías no euclidianas.

**NEWTON** (1642-1727), uno de los creadores del cálculo, ley de la gravitación universal.

**PITÁGORAS** (586-500 a. C.), todo el universo se puede modelar usando los números naturales.

**RIEMANN** (1826-1866), autor de una de las conjeturas de un millón de dólares.

**WILES** (1953...), la conjetura de Fermat se convierte en teorema.

E	R	H	I	C	C	A	N	O	B	I	F	M	N
G	O	D	E	L	G	Q	C	D	O	P	E	A	N
R	T	R	E	B	L	I	H	F	N	J	R	S	A
Z	N	E	W	T	O	N	Y	A	L	Q	M	B	M
T	A	K	U	V	W	X	E	H	U	G	A	M	E
G	C	Q	C	L	D	O	P	I	R	A	T	F	I
N	J	S	E	Z	Y	A	M	L	B	L	T	K	R
L	O	B	A	C	H	E	V	S	K	I	U	V	W
E	A	X	E	H	D	M	G	Q	C	L	D	O	P
I	R	F	N	E	J	E	S	Z	Y	E	A	L	B
B	T	K	S	U	V	W	D	X	S	O	E	H	S
N	I	M	E	I	N	S	T	E	I	N	Q	C	A
I	D	O	P	R	F	M	D	J	K	S	S	Z	R
T	Y	A	R	L	B	I	T	K	U	I	V	W	O
Z	X	E	E	I	L	M	G	Q	O	C	N	D	G
O	P	R	L	C	F	W	I	L	E	S	N	D	A
J	S	Z	U	Y	A	L	A	B	T	K	U	V	T
W	X	E	E	E	H	G	A	U	S	S	I	G	I
Q	C	D	O	P	R	F	N	J	S	Z	Y	A	P





## Sociedad Mexicana de Cristalografía, A.C. Sexto Congreso Nacional

Del 31 de septiembre al 5 de octubre del 2007  
Guadalajara, Jalisco

### CONFERENCIAS PLENARIAS

**Kim Bokhimi**

Instituto de Física, UNAM, México

**Juan Manuel García Ruiz**

Universidad de Granada, España

**Karsten Andreas Knorr**

Universidad de Kiel, Alemania

**Alfonso Mondragón Ceballos**

Northwestern University, USA

**Anders Nilsson**

Stanford Synchrotron Radiation

Laboratory, Stanford University, USA

**Fernando Ortega Gutiérrez**

Instituto de Geología, UNAM

**Carlos Otero**

Universidad Complutense de Madrid, España

**Adela Rodríguez Romero**

Instituto de Química, UNAM, México

**Ingrid M. Weiss**

Universität Regensburg, Regensburg, Alemania

### CURSOS Y TALLERES

- Relación, estructura y propiedades físicas de los materiales
- Curso teórico-práctico sobre identificación de arcillas e interestratificados
- Curso microscopía de imagen orientacional (OIM-EBSD)
- Microscopía electrónica
  1. Principios de SEM
  2. Principios de TEM y difracción de electrones
  3. Principios de HAADF
  4. Espectroscopías en TEM (EDS, EELS)
  5. Principios de Focus Ion Beam (FIB)
- Curso taller crecimiento de cristales
- Análisis cuantitativo por WDS de vidrios
- Identificación de minerales magnéticos con el microscopio óptico de polarización
- Curso práctico de identificación de minerales
- Curso teórico práctico simula TEM: simulación y análisis de imágenes de microscopía electrónica de alta resolución Gemología
- Introducción a la cristalografía
- Curso texturas cristalográficas
- Cristalografía por difracción de Rayos X:
  1. Métodos de Indexación
  2. El Método de Rietveld
- Taller sobre el método de Rietveld usando el programa TOPAS



#### INFORMES E INSCRIPCIONES:

Sociedad Mexicana de Cristalografía  
Instituto de Física, UNAM  
Tel.: (55) 56 22 50 12 Ext.103  
Fax: (55) 56 22 50 12 Ext. 102  
E-mail: smcr@fisica.unam.mx

#### ENVÍO DE RESÚMENES FECHA LÍMITE PARA EL ENVÍO DE RESÚMENES:

VIERNES 10 DE AGOSTO DEL 2007  
Consultar formato en la página web de  
la Sociedad: [www.smcr.fisica.unam.mx](http://www.smcr.fisica.unam.mx)

Del 4 al 10 de noviembre de 2007

## Conferencias Plenarias:

### LAS TURBULENCIAS DE VAN GOGH

Dr. José Luis Aragón  
Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada,  
UNAM, Juriquilla, Qro.

### AVANCES Y RETOS DE LA BIOENERGÉTICA Y BIOMEMBRANAS: A 30 AÑOS DE NUESTRO PRIMER CONGRESO.

Dr. Antonio Peña Díaz  
Instituto de Fisiología Celular, UNAM, México.

### MITOCHONDRIAL COMPLEX II

Dr. Ulrich Brandt  
Frankfurt University, Frankfurt, Alemania.

### SYSTEMS BIOLOGY OF THE MITOCHONDRION

Dr. Daniel A. Beard  
Medical College of Wisconsin, Milwaukee, USA.

### FROM SIMPLE PEPTIDES TO COMPLEX METABOLONS: THE STORY OF TRANSPORT PROTEIN EVOLUTION

Dr. Milton H. Saier  
Division of Biological Sciences,  
University of California at San Diego, USA.

### MEMBRANE AND CYTOSKELETON DYNAMICS

Dr. Michael P. Sheetz  
Department of Biological Sciences, Columbia University,  
New York, USA.

### AUTOPHAGY AND THE LYSOSOMAL SYSTEM

Dra. Ana María Cuervo  
Department of Anatomy and Structural Biology,  
Marion Bessin Liver Research Center,  
Albert Einstein College of Medicine, New York, USA.

## EL COMITÉ ORGANIZADOR

Dr. Juan Pablo Pardo Vázquez  
Facultad de Medicina, UNAM  
Tel.: 56232510  
pardov@laguna.fmedic.unam.mx

Dr. Héctor Riveras Rosas  
Facultad de Medicina, UNAM  
Tel.: 56220829  
hriveras@servidor.unam.mx

Dra. Rocío Salcedo Sacanelles  
Instituto de Fisiología Celular, UNAM  
Tel. 56 22 56 69  
rsalcedo@ifc.unam.mx

Fechas límite: 17 de agosto inscripciones con descuento, 30 de agosto recepción de resúmenes.

Para mayor información: <http://smb.org.mx>

Dudas o comentarios, comunicarse con Teresa Castillo Tel. 56 22 57 42, Fax: 56 16 22 82

correo electrónico: [smbq@ifc.unam.mx](mailto:smbq@ifc.unam.mx)

