



## Editorial

Iniciamos con este número la publicación de Nuestra Tierra. Con esta publicación esperamos dar a conocer, de manera sencilla y accesible, información sobre nuestro planeta: sea en las ciencias de la Tierra (Geología,

Geofísica, Oceanología, Meteorología), la Biología enfocada a la biogeografía, paleontología, evolución, ecología y cuestiones ambientales. El entorno será el noroeste de México, pero no por eso dejaremos de mencionar lo que suceda en el resto del planeta. También incluiremos resultados del trabajo de investigación de los miembros de la estación regional de la UNAM en Hermosillo y de colegas de otras instituciones. Se incluirán trabajos sobre algunos temas de interés general relacionados con nuestro planeta.

Lo que nos mueve a iniciar esta publicación es acercar a los lectores al campo de las ciencias de la Tierra con el fin de que conozcan un poco esta casa que habitamos. Que aprendamos a conocerla para respetarla y cuidarla, para crear conciencia de que este planeta no es un cuerpo que sólo gira alrededor de su eje (rotación) y del Sol (traslación). Que estos dos simples movimientos tienen numerosas implicaciones en nuestra vida diaria. Que también tiene nuestra casa una actividad interna que puede afectarnos de muchas maneras, para bien y para mal: sismos, volcanes, deslizamientos de tierra, inundaciones, cambios en el clima, etc. Aprender también de los satisfactores que nos proporciona, como el agua (vital para los organismos), los hidrocarburos, minerales metálicos, materiales pétreos para la construcción; incluso, los suelos que pueden o no ser propicios para la agricultura. La Madre Tierra, como solían llamarla en muchas culturas, ha sido, y lo será todavía por muchos años, nuestra casa, nuestro cobijo y nuestro sostén. Si logramos transmitir este sentimiento hacia Nuestra Tierra, habremos logrado nuestro objetivo.

En este número presentamos artículos que van desde el origen del universo hasta aspectos tan diminutos como un diamante o un coral de Sonora. La evolución química del universo, desde sus orígenes, es clave para la comprensión de la evolución de nuestro planeta y su constitución actual. El diamante es una piedra preciosa que ha sido objeto casi de veneración en algunas sociedades. De envidia en muchos casos y

de motivación al crimen en otros. El diamante tiene, en sí una historia geológica sumamente interesante. Historia que los hace poco comunes y de distribución muy restringida. En una primera parte se ve al diamante como mineral, como cristal natural, con todas sus características. Su forma geométrica en la naturaleza, la cual es transformada por un lapidario o joyero para darle las facetas o caras que le darán la brillantez que lo hace tan codiciable.

Carlos Lizárraga, por su lado, nos explica algunas acciones del ser humano a las que algunos científicos atribuyen el calentamiento global y las posibles consecuencias de éste. Este es un tema aún muy debatido. Lo que habría que encontrar es cuáles factores que promueven el cambio climático son antropogénicos y cuáles son naturales.

César Jacques Ayala

Editor

### Contenido

Editorial .....	2
Presentación .....	3
El Big-Bang y la evolución geoquímica de la Tierra (Martín Valencia Moreno, Julio Saucedo Morales y Anton Lipovka) .....	4
El calentamiento global y sus consecuencias (Carlos Lizárraga Celaya) .....	8
El mundo de los minerales – El diamante (Juan Carlos García y Barragán y Pablo Peñaflores Escárcega) .....	11
El Cuaternario: una visión introductoria (Ma. Cristina Peñalba) .....	14
Un coral del Cretácico (Hannes Löser) .....	15

**Portada.** La imagen grande muestra incendios del sur de California, Estados Unidos. Tomada por el satélite Terra el 26 de octubre de 2003. En la parte derecha de la fotografía se observan los incendios y humo de los mismos transportado por el viento en dirección SW (en diagonal hacia la parte inferior izquierda de la fotografía). Imagen tomada del Earth Observatory, NASA. - La imagen pequeña es una fotografía de la galaxia "El Sombrero" (M104). La característica principal de esta galaxia es la presencia de un núcleo brillante y bulboso rodeado por gruesas bandas de polvo, envolviendo la estructura espiral de la misma. La galaxia El Sombrero es un objeto masivo equivalente a 800 billones de soles y está ubicada a unos 28 millones de años luz de la Tierra. Foto tomada por la NASA y el Hubble Heritage Team (STScI/ AURA) en mayo-junio del 2003.

## 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

Dr. Gustavo Tolson Jones  
Director del Instituto de Geología

Dr. Héctor Arita Watanabe  
Director del Instituto de Ecología

Dr. Thierry Calmus  
Jefe de la Estación Regional del Noroeste

### NUESTRA TIERRA

Dr. César Jacques Ayala  
Editor

Dra. Ma. Cristina Peñalba  
Dr. Martín Valencia Moreno  
Editores Asociados

Dr. Hannes Löser  
Editor Técnico y Diseño

**Nuestra Tierra** es una publicación de la Estación Regional del Noroeste, institutos de Geología y Ecología, que aparece semestralmente en primavera y otoño de cada año.

Estación Regional del Noroeste  
Blvd. L. D. Colosio s/n y Madrid  
Campus UniSon  
83000 Hermosillo, Sonora, México  
Tel. (662) 217-5019, Fax (662) 217-5340  
nuestratierra@geologia.unam.mx  
<http://www.geologia-son.unam.mx/nt.htm>

Registros en trámite.

Impresión: 500 ejemplares

Precio: \$ 15.00

En caso de utilizar algún contenido de esta publicación, por favor citar la fuente de origen. El contenido de los trabajos queda bajo la responsabilidad de los autores.

## Presentación

Estimado lector,

Me atrevo a decir que la elaboración y la edición del presente primer número de la revista "Nuestra Tierra" han costado más trabajo a los investigadores que han intervenido en este proyecto editorial que la redacción de cualquier artículo especializado. Los investigadores tienen por obligación profesional de publicar el resultado de sus trabajos en revistas especializadas que circulan solamente en el medio científico y que se encuentran en las bibliotecas o en las páginas electrónicas especializadas. Para tales publicaciones se usa un lenguaje técnico que no es accesible a una persona sin la formación adecuada: un médico no entenderá un artículo de geología, un biólogo no entenderá la publicación de un físico, etc. La dificultad pues está en traducir un idioma especializado en un idioma sencillo que no cambie el mensaje original y, sobre todo, que no deje una imagen falsa del fenómeno o del objeto que se pretende describir.

La Ciencia no es tediosa, pero los mismos científicos dan esa imagen falsa de ella porque, al no tomar al lector en cuenta, descuidan ese trabajo de comunicación. El intento del grupo de académicos de la Estación Regional del Noroeste de la UNAM de publicar de manera sencilla y amena artículos, notas breves e información sobre aspectos de las Ciencias de la Tierra y de la Ecología, responde a la inquietud de abrir esos campos a la mayoría del público. No hay un tema de las Ciencias Naturales que no sea accesible a una persona no especializada. Lo único necesario es la curiosidad. Con ella nace el interés por descubrir la Tierra, su evolución a través de procesos geológicos, biológicos o climáticos que interaccionan permanentemente. El compromiso de Nuestra Tierra es responder con motivación a esa curiosidad.

El éxito de la revista dependerá en primer lugar del cumplimiento de los académicos de la Estación con este compromiso. Pero dependerá también de la respuesta y de las críticas de los lectores y de la contribución de nuevos autores que acepten compartir este esfuerzo. Para ello, la Estación Regional del Noroeste está abierta, y su portal electrónico y el correo electrónico de Nuestra Tierra están a la disposición del público.

En nombre de la Estación agradezco al comité editorial y a los primeros autores que dejaron de ser científicos por un tiempo para volverse escritores. Que sean un ejemplo para próximos contribuyentes. Enhorabuena.

Thierry Calmus

Jefe de la Estación Regional del Noroeste



# El Big-Bang y la evolución química de la Tierra

## Introducción

En este trabajo presentamos una breve historia de la evolución química de la materia desde su origen hasta la actualidad. Iniciamos nuestro relato hablando sobre el origen de las formas más incipientes de la materia en el universo durante el Big Bang (la Gran Explosión), que ocurrió hace unos 13,700 millones de años. Después continuamos de manera cronológica tratando la formación de los *bariones* (protones y neutrones) a partir de partículas muy primitivas llamadas *quarks*. Luego se discute el origen de los núcleos de los elementos e isótopos primordiales, y la formación de los primeros átomos en la llamada "era de la recombinación". Posteriormente se describe la aparición de las primeras moléculas y las primeras estrellas (era oscura), y la formación de los elementos pesados por procesos de fusión nuclear en el interior de las estrellas, o bien, durante el breve lapso de tiempo en que éstas explotan como supernovas. Después de discutir esta serie de transformaciones de la materia en el universo, finalmente se analiza la formación del sistema solar y la evolución química de nuestro planeta.

## La teoría del Big Bang

La expansión del Universo fue descubierta por el astrónomo Edwin Hubble en 1929, basándose en el hecho empírico de que las galaxias más lejanas se mueven alejándose de nosotros con mayor velocidad que las más cercanas. Esta relación conocida como la Ley de Hubble, se expresa matemáticamente como  $V=H_0r$ , donde  $r$  es la distancia a la galaxia,  $V$  es la velocidad con que se aleja y  $H_0$  es la famosa constante de Hubble. La expansión del universo resulta también en forma natural al resolver las ecuaciones de Einstein sobre la Relatividad General. Estas soluciones fueron encontradas por Alexander Friedmann en 1922, y de manera independiente por George Lemaître en 1927. Fue el mismo Lemaître, un sacerdote jesuita belga,

quien propuso la teoría del Big Bang (BB). Aunque bien recibida por Einstein, esta teoría no fue aceptada por la comunidad científica sino hasta 1965, año en que se encuentran las "cenizas" de la Gran Explosión, es decir la radiación de fondo del universo. Otro de los grandes pilares de la teoría del BB es la predicción que ésta hace sobre la abundancia de los elementos primordiales, tema sobre el cual hablaremos más adelante.

## El origen de la materia en el universo

En el principio la materia existía en forma de partículas muy elementales, incluyendo quarks, leptones (electrones y neutrinos) y algunas otras partículas exóticas. La presencia de protones y neutrones sólo pudo darse más adelante, cuando debido a su expansión, el universo redujo considerablemente su temperatura, contando entonces con una edad de una millonésima de segundo. Posteriormente, al llegar a los mil millones de grados centígrados de temperatura, empieza el proceso de combinación de neutrones y protones para formar los núcleos de  $^2\text{H}$  (deuterio) y la amalgamación de éstos para formar núcleos de  $^4\text{He}$  (también conocidos como partículas alfa), así como de pequeñas cantidades de litio. Esta formación de núcleos primordiales, ocurrió cuando el universo contaba con aproximadamente 3 minutos de vida.

## La época de recombinación

El siguiente paso importante en la vida del universo ocurrió en el momento en que la temperatura del universo alcanzó los  $3000^\circ\text{K}$ ; es en este momento cuando se forman los primeros átomos. Anteriormente, la luz era incapaz de viajar por el espacio más de unos cuantos centímetros debido a que interactuaba fuertemente con la materia. Durante el llamado "proceso de recombinación", los núcleos (cargados positivamente) se unieron con los electrones (de carga negativa) para formar núcleos neutros, los cuales ya no interactúan fuertemente con la luz. Por esta razón el universo se volvió transparente.

Debido a que el estudio de la radiación de fondo en el universo ocurre precisamente en la época de recombinación, los grandes avances observacionales han permitido llegar a comprender bastante bien este período en la vida del universo.

## Época oscura

Es bien conocido que los átomos neutros en equilibrio no pueden emitir ni absorber luz (ondas electromagnéticas). Por lo tanto, después de la recombinación y hasta la formación de los primeros objetos en condiciones de desequilibrio, no ha podido observarse lo que ocurrió en el universo. Por este motivo, dicho período se conoce como “época oscura”. Este período inicia justamente después de la recombinación ( $10^6$  años después del BB) y termina cuando el universo tenía aproximadamente  $10^9$  años. Durante este período, ocurren procesos extremadamente importantes en la historia del universo. A partir de los átomos se forman las primeras moléculas, las cuales juegan un papel clave en los procesos de enfriamiento de las primeras condensaciones de gas, que posteriormente dieron lugar a las primeras estrellas y galaxias. Estas moléculas pueden transformar la energía térmica de la nube de gas en líneas de emisión, las cuales pueden escapar libremente hacia afuera. Gracias a esto se hizo posible la formación de las primeras protoestrellas y protogalaxias, con lo cual llegó a fin la época oscura. El contenido elemental de los núcleos durante este período no cambia; sigue siendo el mismo que emergió de la nucleosíntesis en el Big Bang, tan sólo cambia el contenido químico. A partir de los átomos de H, D,  $^3\text{He}$ ,  $^4\text{He}$ , y Li formados durante la época oscura se originaron moléculas tales como  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2^+$ , HD,  $\text{HD}^+$ , LiH,  $\text{H}_3$ ,  $\text{H}_3^+$ , así como algunas otras menos estables. Estas moléculas se llaman “primigenias” porque se forman de elementos sintetizados durante los primeros minutos posteriores al Big Bang.

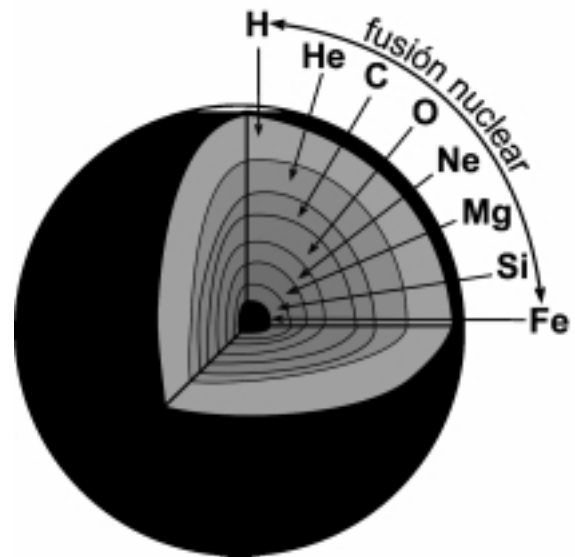
## Nucleosíntesis en las primeras estrellas

Cerca del fin de la época oscura, comenzaron a brillar las primeras estrellas, las cuales empezaron a sintetizar elementos pesados en cantidades significativas. Estas estrellas, conocidas como población III (Pop III), en su mayoría tienen masas entre 100 y 1000 veces la masa del sol y no han podido observarse en forma directa, posiblemente porque ya desaparecieron. Después de la evolución y explosión de estas estrellas, el medio interestelar se enriqueció con los productos de las mismas. Es así como por primera vez después del Big Bang cambia el contenido elemental, es decir, la abundancia de los elementos, al aumentar el número de elementos pesados en el gas. Al final de la época oscura se forman los quásares, que son los objetos más brillantes que observamos en el universo

tanto en luz visible como en ondas de radio. Los quásares nos brindan la oportunidad de medir las abundancias de los elementos ligeros en distintas épocas, aun en aquéllas en las que el universo era todavía muy joven ( $t < 10^9$  años), lo cual se puede ver en la Tabla 1.

## Nucleosíntesis en las estrellas de Pop I y II

Posteriormente la materia y la energía se han venido organizando en estrellas Pop II y Pop I, de acuerdo al contenido menor o mayor de elementos pesados. En términos generales, las estrellas Pop II son estrellas viejas y son las componentes principales del halo galáctico, mientras que las estrellas Pop I son más jóvenes y se localizan principalmente en el disco galáctico.



*Diagrama de una estrella masiva madura ilustrando la generación por fusión nuclear de elementos cada vez más pesados hacia el interior de la misma, formando una especie de corazas concéntricas. Posteriormente, los elementos más pesados que el Fe se generan por reacciones que involucran la captura de neutrones.*

Las estrellas de baja masa (menores que 5 masas solares) solamente logran sintetizar elementos relativamente ligeros del grupo de carbono, nitrógeno y oxígeno (CNO). En contraste, en estrellas mayores que 5 masas solares, ocurren interesantes procesos nucleares en los cuales no sólo se produce CNO, sino además, núcleos progresivamente más pesados, hasta llegar al  $^{56}\text{Fe}$ . Algunos de los elementos menos masivos que el  $^{209}\text{Bi}$  se forman por una combinación de captura lenta de neutrones (proceso “s”) y fuga de pequeñas partículas cargadas negativamente llamadas “partículas beta”. El combustible para las reacciones

de fusión y captura de neutrones se consume de dentro hacia fuera de las estrellas, de manera que los núcleos más pesados se van quedando en el centro. Por un largo tiempo (el cual es inversamente proporcional a la masa de la estrella), la estrella guarda un equilibrio entre la fuerza de gravedad que tiende a colapsarla, y la fuerza debida a la presión de los gases que trata de expandirla. Una vez que el combustible se agota, la contracción hace estallar el núcleo de las estrellas masivas en una gigantesca explosión llamada "supernova". Aquí inicia un proceso de captura rápida de neutrones (proceso "r") que da origen a núcleos de elementos mucho más pesados, incluyendo por ejemplo el uranio y el torio. La relación de neutrones y protones llega a ser tan desproporcionada que la mayoría de estos núcleos se desintegran en dos o más fragmentos más ligeros y relativamente más estables. Este proceso se conoce como "fisión nuclear".

Sólo cuando la temperatura ha descendido lo suficiente, los diferentes núcleos formados logran establecer una relación con los electrones, para formar una especie de coraza externa que neutraliza la carga del núcleo, formando las estructuras atómicas que conocemos. Estas corazas electrónicas se distribuyen de tal manera, que el nivel energético del átomo pueda alcanzar su nivel mínimo.

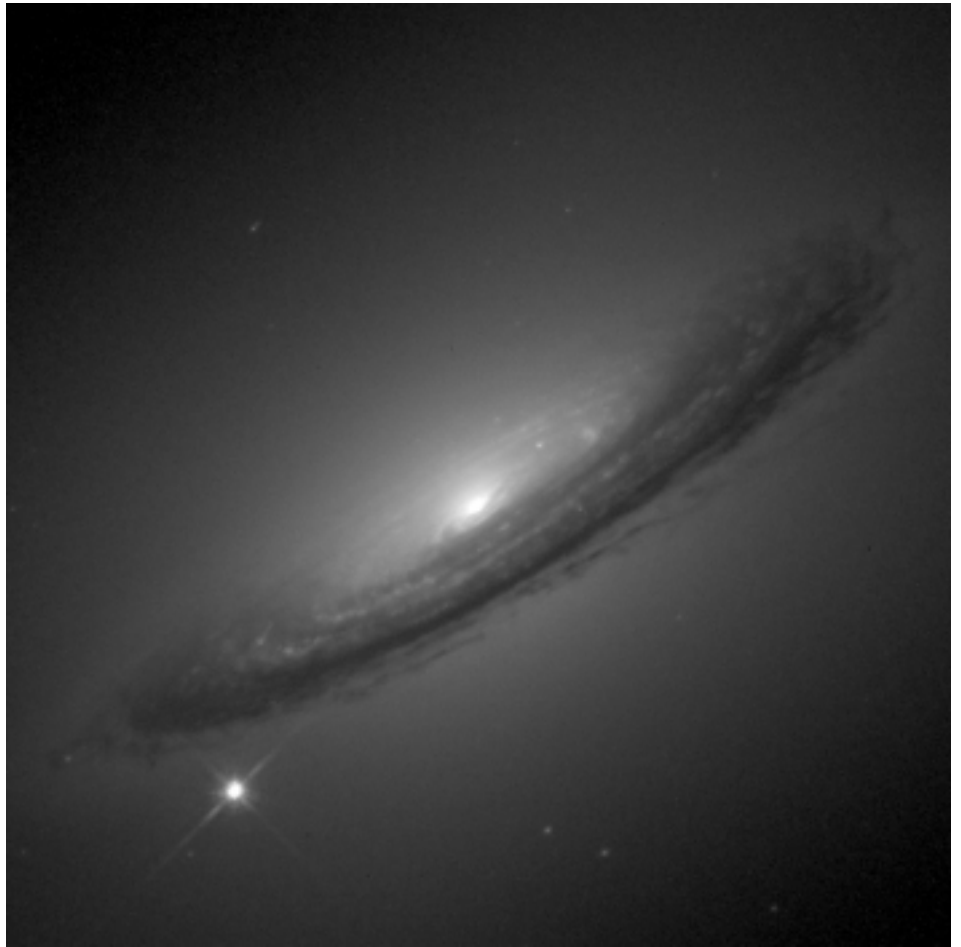


Imagen de la Supernova 1994D, visible como un punto brillante (abajo a la izquierda), la cual se originó en los límites de la galaxia de disco NGC 4526. Foto tomada por el Hubble Space Telescope (HST) en 1999 (NASA/STScI).

### La formación de los planetas

La materia dispersada en una explosión de supernova se reorganiza después en planetas y estrellas relativamente pequeñas. Fue así como nació nuestro sistema solar. La Tierra concentró una cantidad de masa modelada por la atracción del sol, la cual fue evolucionando hasta formar los diferentes superestra-

tos que ahora conocemos. Por ello, la Tierra constituye un planeta diferenciado. Por otro lado, debido a los procesos térmicos que se desarrollan en su interior y a su vigorosa actividad ígnea y tectónica, la Tierra se considera además un "planeta vivo". Un ejemplo de cuerpos celestes que no alcanzaron este nivel de evolución se conoce a través de las llamadas "condritas", que han llegado a la superficie de

Tabla 1. Abundancia de elementos en distintas épocas

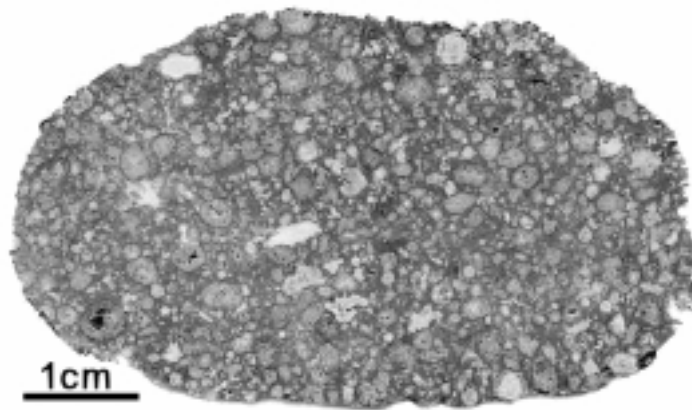
Elemento	Nucleosíntesis <sup>1</sup>	Quásares <sup>2</sup>	Medio interestelar <sup>3</sup>
H	1	1	1 (1)
D	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5} - 3 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5} (10^{-5})$
<sup>4</sup> He	0.1	0.1	0.1 (0.1)
<sup>7</sup> Li	$8 \times 10^{-10}$	Pop II: $2 \times 10^{-10}$	$1.6 \times 10^{-10} (10^{-9})$

<sup>1</sup> Abundancia relativa al hidrógeno que predice la teoría del Big Bang.

<sup>2</sup> Abundancia correspondiente a nubes de Lyman (alfa lejanas) observadas por medio de líneas de absorción de luz.

<sup>3</sup> Abundancia en el medio interestelar y en el sistema solar (en paréntesis).

nuestro planeta en forma de meteoritos. Este tipo de meteoritos se caracteriza por la presencia de pequeños nódulos mayormente de aluminio y calcio llamados "cóndrulas", y reflejan la composición promedio del sistema solar, la cual podría a su vez ser comparable a la de la Tierra primitiva, es decir, la composición de la Tierra antes de la diferenciación. Estudios de diferentes meteoritos combinados con estudios geofísicos sugieren que la Tierra se compone de un núcleo metálico principalmente de Fe-Ni, el cual es sólido en su parte interna pero líquido en su parte externa. El núcleo está rodeado por un manto silicatado aproximadamente de composición condritica. La parte superior del manto es semi-plástica y ha sufrido grandes cambios debido a la extracción de la corteza terrestre por procesos magmáticos, particularmente en los últimos 2,800 millones de años. Mediante estos procesos, la composición del manto superior se ha empobrecido relativamente a la del manto inferior, particularmente en aquellos elementos llamados litófilos de radio iónico grande, incluyendo por ejemplo al potasio, el litio y el rubidio. La corteza es en general más rica en elementos que forman estructuras más ligeras como los feldspatos, los cuales son aluminosilicatos formados a partir de líquidos extraídos de la fusión parcial del manto superior. Por su parte, las estructuras minerales en las partes más internas son típicamente más densas, como es el caso del olivino, que es el mineral más representativo de la parte superior del manto. Esto es sólo un reflejo de las diferencias en las condiciones de presión y temperatura a las que están sujetos los materiales en los distintos niveles de la Tierra. Existen, por ejemplo, zonas específicas claramente detectadas por métodos geofísicos, donde las velocidades de las llamadas ondas sísmicas "P" y "S" son modificadas como respuesta a las transformaciones que sufren ciertos minerales para ajustar sus estructuras a las condiciones existentes a una cierta profundidad en el interior del planeta.



Fotografía de un fragmento de la condrita de Allende que cayó en el pueblo de Allende, Chihuahua, en 1969. Las esférulas blancas, llamadas "cóndrulas", son agregados de Ca-Al. Foto tomada de <http://www.astrosurf.com/lombry/Images>.

Durante su evolución, la Tierra ha formado varios superestratos que le dan una estructura interna particular. Estos superestratos se originaron básicamente como una respuesta mecánica a las diferencias de densidad de los compuestos generados desde la formación misma del planeta, movidos por un incesante sistema convectivo de celdas termales. En un principio, la dinámica de estas celdas fue más acti-

va debido a las altas temperaturas existentes. Esto facilitaba la reintegración de los materiales ígneos extraídos del interior de la tierra, a través de un reciclaje muy eficiente, lo cual impedía la estabilización de una corteza terrestre, como la que conocemos actualmente.

Estas ideas muestran un panorama general de la evolución química de la Tierra. Sin embargo, la historia es mucho más compleja, e involucra otros procesos tales como el reciclaje de corteza por la acción de la tectónica de placas y la extracción de magma del manto inferior a través de las llamadas "plumas termales". Las limitaciones del hombre para poder estudiar las zonas más inaccesibles del planeta hacen que la composición química de la Tierra sea en gran medida inferida a través de métodos indirectos. No obstante, los volcanes recientes, y en muchos casos activos como en Hawai, han sido un mecanismo de gran ayuda, no sólo para obtener muestras frescas directamente del manto superior e inferior, sino que también son mensajeros que traen a la superficie fragmentos de materiales que nos ayudan a conocer la composición y las condiciones termobarométricas de la parte inferior de la corteza terrestre y del manto litosférico subyacente.

### **Autores**

Martín Valencia Moreno, Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM; [valencia@geologia.unam.mx](mailto:valencia@geologia.unam.mx)  
Julio Saucedo Morales y Anton Lipovka, Departamento de Investigación en Física, Universidad de Sonora

# El calentamiento global y sus consecuencias

### Introducción

El estudio del clima global es una tarea científica muy compleja. En la actualidad, se tiene conocimiento sobre el impacto que tienen las actividades humanas sobre la temperatura de la atmósfera terrestre. Las noticias no son buenas.

Los últimos datos confirman que el clima de nuestro planeta está cambiando rápidamente. La temperatura promedio de la atmósfera se ha incrementado en 0.6° C desde el año 1900 y es muy probable que se incremente aún más rápido en las siguientes décadas. La atmósfera se está calentando mucho más rápido que la forma en que lo había hecho en los últimos 1000 años. Como resultado de ello, la década de 1990 ha sido la década más caliente del último milenio. La causa de esto es la contaminación de una capa gruesa de la atmósfera, por bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) emitido por la quema de combustibles fósiles en las plantas generadoras de energía, en las plantas industriales y en los automóviles.

Los científicos que estudian este problema aseguran que, a menos que se reduzcan las emisiones de este tipo de gases que calientan la atmósfera, la temperatura pudiera incrementarse entre 1.4° y 5.8° C para el fin de este siglo, trayendo consigo consecuencias devastadoras. El promedio de nivel del mar se incrementará inundando las zonas costeras. Las ondas cálidas serán más frecuentes e intensas. Las sequías e incendios forestales ocurrirán más frecuentemente. Los mosquitos portadores de enfermedades se extenderán sobre más territorio. Algunas especies de flora y fauna se extinguirán. En este artículo deseamos mostrar que muchos de estos cambios ya se han iniciado.

### Cambios en los patrones del Clima

*Temperaturas más cálidas.* Las temperaturas promedio de la atmósfera se incrementarán, así como la frecuencia de las ondas cálidas. Algunos lugares han experimentado temperaturas récord elevadas. La frecuencia e intensidad de las ondas cálidas ocasionan enfermedades relacionadas con el calor y muertes, especialmente en las zonas urbanas marginales y particularmente entre los ancianos y niños.

En junio de 1998, una onda cálida en el estado de Florida, Estados Unidos, ocasionó que la temperatura diurna de la ciudad de Melbourne fuera mayor de 35° C por 24 días, mientras que la temperatura mínima nocturna en Tampa, no bajó de 26.6° C durante 12 días. Sucedió algo similar en la ciudad de Dallas, Texas: durante 15 días la temperatura máxima siempre estuvo arriba de los 38°C, ocasionando cerca de 100 muertes.

En julio de 1999, fallecieron cerca de 250 personas en el este de los Estados Unidos. La ciudad de Chicago alcanzó una temperatura récord de 48.3° C. La ciudad de Nueva York en ese mes experimentó temperaturas máximas de más de 35° C por 11 días consecutivos, significando el mes más caliente y seco de su historia.

La onda cálida como la de agosto del 2003 en Europa, reclamó la vida de 35,000 personas. El mes de agosto de 2003 ha sido el mes de agosto más caliente del Hemisferio Norte. Desde 1980, la Tierra ha experimentado 19 de sus 20 años más calientes desde que se



Inundación.\*



*Incendios forestales.\**

lleva registro, siendo 1998 el año más caliente de la historia, seguido por el año 2002.

*Sequías e incendios.* A medida que el clima se calienta, la sequía se vuelve más frecuente y severa en algunas regiones. Las sequías prolongadas hacen que los incendios forestales sean más probables, mientras que los árboles y siembras son más propensos a plagas y enfermedades. Se espera que las sequías sean más prolongadas y más severas debido a que las temperaturas serán más elevadas y por lo tanto la evaporación será mayor. Por otra parte los incendios forestales serán más frecuentes debido a una combinación de temperaturas elevadas y de una disminución en la humedad del suelo. Generalmente, los cambios en el uso y cubierta de suelo pueden agravar el riesgo de sequías a consecuencia del cambio climático.

Los incendios forestales lanzan a la atmósfera bióxido de carbono y otros gases tipo invernadero (aque- llos gases que absorben la radiación de calor y por lo tanto calientan la atmósfera), los cuales favorecen el calentamiento global (figura en la portada).

Durante el fenómeno de El Niño de 1977, los incendios forestales en Indonesia fueron tan intensos que liberaron a la atmósfera una cantidad de bióxido de carbono equivalente a la que remueve en un año el conjunto de seres vivos de todo el planeta, que es a su vez similar a la que se emite anualmente en Europa por la quema de combustibles fósiles. En 1998, en Indonesia se quemaron 810,000 hectáreas de bosques. El año de 1998 fue crítico; en el caso de México, se incendiaron más de 500,000 hectáreas. Esta fue consecuencia de una severa sequía prolongada. Una suerte

similar corrió el estado de la Florida, donde se incendiaron cerca de 200,000 hectáreas. En 2002, la parte occidental de los Estados Unidos experimentó el segundo incendio forestal más grave en los últimos 50 años, particularmente afectando los estados de Colorado, Arizona y Oregon, donde se quemaron aproximadamente 2,834,000 hectáreas. Los recientes incendios en el sur de California en octubre de 2003 son otro ejemplo.

*Precipitaciones y nevadas intensas e inundaciones.* Según los pronósticos de los modelos, un clima más cálido traerá un incremento en la precipitación mundial, especialmente durante el invierno en latitudes medias y altas. Además, se

espera una mayor precipitación y nevadas de forma intensa, ocasionando mayores inundaciones y pérdidas.

En febrero de 1998, en Santa Bárbara, California, llovió más de 55 cm. En Texas, hubo en 1998 dos lluvias intensas, una de 25 cm y otra de 50 cm, ocasionando 31 muertes, inundaciones y pérdidas por más de mil millones de dólares. En Venezuela, en diciembre de 1999, llovió cerca de 1.2 m, provocando inundaciones y deslaves, ocasionando cerca de 30,000 muertes.

### **Efectos en la salud**

*Las ondas cálidas mortales y propagación de enfermedades.* La frecuencia e intensidad de las ondas cálidas puede ocasionar más muertes relacionadas con el calor. Estas condiciones también pueden agravar los problemas de calidad del aire local que afectan a millones de habitantes en las ciudades. El calentamiento global incrementará el rango geográfico potencial y la variedad de enfermedades tropicales. La epidemia del dengue en México se ha extendido a terrenos más elevados. Pasó de su frontera de 1000 m a 1700 m. En Centroamérica, se extendió de 1000 m a alturas de 1220 m, y en los Andes Colombianos se ha detectado hasta alturas de 2195 m. La malaria ha sido detectada en regiones elevadas de Indonesia.

### **Calentamiento del Agua**

*Derretimiento de glaciares y deshielo temprano.* En los últimos 150 años, se han estado reduciendo la mayoría de los glaciares montañosos. Muchos de los glaciares de latitudes bajas están desapareciendo y los cientí-



ficos, con la ayuda de ciertos modelos, predicen que la mayoría de los glaciares desaparecerán para el año 2100. A medida que los glaciares se reduzcan, disminuirán los flujos de agua de verano, afectando a esta fuente importante de agua para riego y energía de muchas áreas que dependen de cuencas de agua montañosa.

Desde 1945, la Península Antártica se ha calentado en un promedio de 2.5° C, cinco veces más que el promedio global. La estación anual de deshielo se ha incrementado de 2 a 3 semanas en los últimos 20 años. La parte norte de la capa de hielo Larsen B en la Antártida, de una extensión de 3250 km<sup>2</sup>, se colapsó a principios de 2002 desintegrándose por completo en un lapso de 35 días. Este ha sido el colapso más grande de los últimos 30 años, sumando la pérdida de extensión de hielo de siete capas a un total de 17,500 km<sup>2</sup> desde 1974. La reducción de hielo se ha atribuido a la fuerte tendencia regional de calentamiento de 2.5° C en los últimos 50 años. El área de la región Ártica se ha reducido cerca del 6% entre 1978 y 1995. El grosor de la capa de hielo polar ártico se ha reducido en un 40% desde la década de 1960.

*Incremento del nivel del mar.* Se espera que las tasas actuales de incremento del nivel de mar aumenten debido a la expansión térmica de los océanos y al deshielo parcial de los glaciares montañosos y de las capas de hielo de Antártida y Groenlandia. Como resultado de estos efectos el nivel de mar global se ha incrementado entre 10 y 25 cm en los últimos 100 años. Con el calentamiento global pronosticado se espera que el nivel de mar se incremente entre 15 y 92 cm durante los próximos 100 años. En promedio se pierden de 15 a 20 m de playa por cada 0.3 m de incremento en el nivel del mar. Entre las consecuencias podemos mencionar la pérdida de humedales costeros e islas barrera, y un mayor riesgo de inundaciones en las comunidades costeras, como la región del Golfo de México.



*Inundación.\**

## Alteración de Ecosistemas

*Desplazamiento de ecosistemas y extinción de especies.* Las plantas y los animales generalmente reaccionan de manera consistente con el incremento de temperaturas migrando a latitudes y lugares más altos. Se ha encontrado que algunas especies ya han empezado su migración de acuerdo a las tendencias de calentamiento. Muchas poblaciones y especies pueden ser vulnerables a la reducción de población o extinguirse si el calentamiento ocurre más rápido de lo que ellos puedan responder o si el desarrollo humano impone barreras a su migración. En un estudio reciente se ha encontrado que los rangos geográficos de ciertas especies se han desplazado hacia los polos a una razón promedio de 6.4 km por década, y los eventos de aparición y nacimiento se han adelantado en promedio 2 días por década.

*Emblanquecimiento de corales.* Los corales en los océanos de 32 países experimentaron un emblanquecimiento dramático en 1997-1998. Este emblanquecimiento resulta de la pérdida de un alga microscópica que colorea y alimenta a los corales. Este fenómeno se ha asociado al agua que se calienta por arriba de lo normal de 1.1 a 1.6° C, aunque existen otros factores que contribuyen a ello, como el escurrimiento de nutrientes y sedimentos, contaminación, desarrollo costero y daños naturales por tormentas.

## Epílogo

A menos que actuemos hoy, nuestros hijos heredarán un mundo más caliente, con agua y aire contaminados, sequías e inundaciones más severas, y más incendios forestales.

\* Fotografías de la Agencia Federal de Administración de Desastres del Gobierno de los Estados Unidos de América, FEMA ([www.fema.org](http://www.fema.org)).

## Autor

*Carlos Lizárraga Celaya, Departamento de Física, Universidad de Sonora; [carlos@fisica.uson.mx](mailto:carlos@fisica.uson.mx)*

# El mundo de los minerales

## Presentación

Con este artículo iniciamos la publicación de breves reseñas dedicadas a los minerales. Nuestro objetivo es dar a conocer de forma general algunos de los aspectos más interesantes y a veces desconocidos del mundo de los minerales. En la naturaleza existen alrededor de 4000 especies mineralógicas de las cuales apenas el común de la gente conoce en forma incompleta menos del 0.1 %. Una parte considerable de esta diversidad de minerales la constituyen especies raras o muy escasas. Los minerales llamados metálicos de uso industrial más común no rebasan las 100 especies. Un geólogo bien entrenado puede llegar a conocer alrededor de 250 especies mineralógicas, mientras que un minero especialista puede conocer a profundidad más de 400 minerales. De esta forma el bien llamado mundo de minerales es enorme y tal vez nunca lo conozcamos del todo pues cada año se reportan alrededor de 10 especies nuevas.

En esta sección de "Nuestra Tierra" nuestra intención es dar a conocer aspectos relevantes de los minerales que más importancia tienen en el desarrollo industrial y económico, o bien que por su belleza son considerados como piedras preciosas. El hecho de que nuestro país carezca de determinado grupo de minerales no es razón para dejar de conocer cierto grupo de minerales. Debemos reconocer que aún no se conoce en forma completa la riqueza mineral de México y que muchos minerales esperan todavía su descubrimiento.

Es por esta razón que inauguramos esta sección conversando acerca del diamante, tal vez la piedra preciosa más conocida y valiosa, alrededor de la cual se han tejido innumerables leyendas e historias de intrigas, robos y triunfos en la saga de la humanidad. No pretendemos cubrir a profundidad los temas que aquí se presentarán, sino únicamente establecer el puente entre el conocimiento común de los minerales y algunos de los aspectos curiosos o finos que han desarrollado los investigadores en mineralogía y cristalografía. Es nuestro deseo que esta sección sea una lectura ligera y de provecho para toda persona interesada en el fascinante mundo de los minerales.

Esperamos tener una comunicación directa con nuestros lectores por medio de sugerencias de temas mineralógicos a tratar en números próximos.

## El diamante (Parte I)

El diamante es una piedra preciosa, probablemente el mineral más caro en la naturaleza. Incluso los diamantes más pequeños son centenas de veces más caros que fragmentos de platino y oro equivalentes en peso. Los diamantes grandes son inapreciables en comparación con otras piedras preciosas. Los joyeros tallando el diamante preparan de él un brillante, que se distingue por su maravillosa propiedad de transformar un rayo de luz en un arco iris abigarrado. Con el menor movimiento el diamante centellea e irisa, es decir, hace visos con tonos variados de matices insospechados.



*Cristal octaédrico de diamante. Localización de la colecta: Ghana, Africa. © Lou Perloff.*

Como se sabe, un rayo de luz está compuesto por haces de distinto color. Ellos componen el espectro, en el cual los rayos extremos son el rojo y el violeta. Al pasar a través de distintos

materiales transparentes, el rayo luminoso se refracta de distinta manera, con la particularidad de que a cada color le es propio un carácter determinado de refracción. El material que deja pasar los rayos se caracteriza por los índices de refracción y la diferencia de los índices de refracción de los rayos rojo y violeta determina la dispersión del mineral. El viso del cristal de diamante se explica por los altos índices de refracción y la alta dispersión. El rayo de luz blanca, al refractarse en el diamante, proporciona un haz de rayos espectrales más ampliamente divergente y por eso irisa con todos los colores del arco iris.

Por su transparencia los diamantes se dividen en varias categorías. En los cristales más transparentes los defectos no se observan incluso con la ayuda de una lente de aumento: estos diamantes son perfectos y muy raros. Los cristales menos transparentes son aquéllos cuyos defectos se revelan a simple vista. No obstante, incluso el cristal de diamante más puro, que es llamado "diamante de puras aguas", contiene distintas inclusiones e impurezas. La absorción de los

rayos de una u otra sección del espectro por el cristal depende precisamente de la presencia de dichas inclusiones e impurezas. Esto, a su vez, influye en los efectos cromáticos del diamante.

Habitualmente el más caro se considera el diamante incoloro. Sin embargo, en la naturaleza existen cristales de diamante de tonos puros brillantes de los colores rojo, verde, azul celeste y naranja. Por sus propiedades estas piedras se estiman aún más.

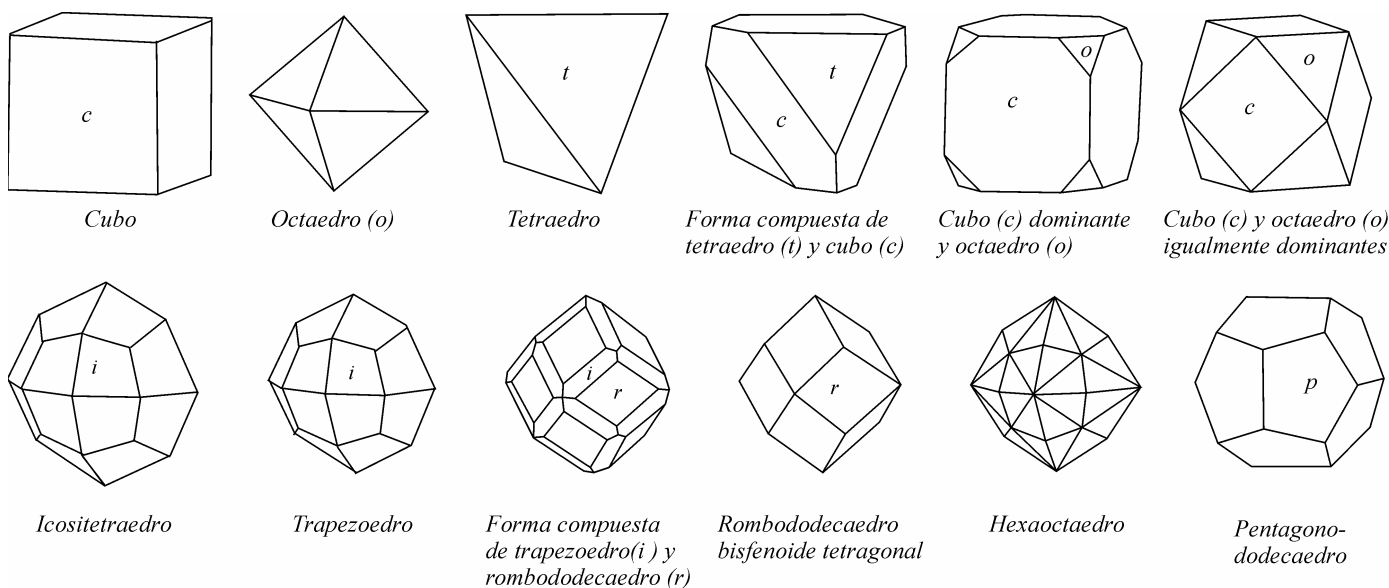
El valor del cristal depende no sólo de su transparencia y color, sino que también de su talla, es decir, la calidad de pulido y la forma del diamante preparado. Con más frecuencia se encuentran las tallas "rosa", "marqués" y "brillante" en forma de pera. La talla en brillante es la más encantadora: la piedra adquiere el máximo brillo, un maravilloso viso y una "luz" admirable. Esto se logra dándole al diamante una forma de 58 caras, la disposición de las cuales se determina con exactitud geométrica.

El precio del diamante se determina también por su peso: cuanto mayor es la piedra, tanto más alto es su precio. El peso del diamante se mide en unidades especiales llamadas "quilates" que equivalen a 0.2 gramos. En la antigüedad, una de las medidas de peso que se utilizaba eran las semillas del algarrobo (*Ceratonia siliqua*), que en el idioma griego suena "kerátion". De aquí proviene el nombre de quilate. Los diamantes más grandes pueden alcanzar más de 200 quilates. Los

más conocidos entre ellos son los diamantes "Hope", "Orlov", "Koh-i-noor", "Gran Mogol" y "Sha".

Todos los diamantes se componen del elemento químico carbono, el cual está muy difundido en la naturaleza. De los átomos de carbono se forma también el grafito y el carbón de piedra, con la particularidad de que por su número de átomos las moléculas de grafito y de carbón de piedra no se diferencian de la molécula del diamante incoloro. Este diamante representa carbono puro, y el colorido del cristal se debe a las impurezas.

El misterio de la composición química de los diamantes así como su estructura cristalina se develó por medio de una serie de investigaciones que probablemente inició Sir Isaac Newton en el siglo XVII, quien estudió las propiedades de refracción de los diamantes; el químico francés Antoine-Laurent Lavoisier investigó el efecto de radiación solar concentrada sobre los diamantes y sus productos de combustión. El químico inglés Smithson Teunant experimentó con reacciones químicas entre carbón, grafito y diamante. Los ingleses Humphry Davy y Michael Faraday identificaron con más certeza la composición química del diamante. En 1913 Lawrence Bragg y su hijo del mismo nombre obtuvieron el primer diagrama de refracción o roentgenograma del diamante y establecieron su estructura interna, es decir, la disposición de los átomos en su red cristalina.



Las formas cristalográficas que puede tomar un diamante natural son el octaedro y el hexaoctaedro. A los brillantes (diamantes cortados y tallados por la mano del hombre) se les dan formas más vistosas y complejas, como se muestra en las figuras restantes. - Redibujado de: El Mundo de los Cristales, Vincenzo de Michele, Ed. Teide, Barcelona, 1973.

Precisamente es debido a esta estructura cristalina que el diamante posee sus extraordinarias cualidades ópticas, físicas y químicas. La célula completa mínima del diamante tiene una red cúbica que contiene 18 átomos de carbono, 8 de los cuales están situados en los vértices del cubo, 6 en el centro de sus caras, y 4 en los centros de cuatro de los ocho cubos, formados por la división de la célula elemental con tres planos mutuamente perpendiculares. La constante de la red cristalina del diamante (la distancia a la cual se repite completamente la estructura) constituye 3.657 angstroms (1 ángstrom =  $10^{-10}$  m), y la distancia más corta entre los átomos es igual a 1.54 angstroms. Cada átomo de carbono en la red tiene cuatro vecinos equivalentes dispuestos bajo un ángulo de  $109^{\circ} 30'$  uno con respecto al otro. En el diamante, cada uno de los cuatro electrones de valencia forma un enlace covalente con uno de los electrones del átomo vecino. El enlace covalente se caracteriza por su alta resistencia. De los elementos de la estructura cristalina del diamante se construyen los cristales, que ordinariamente tienen forma de octaedro, rombododecaedro, hexacosaedro, cubo, y a veces se encuentran combinaciones de estas figuras.

Las propiedades únicas de los diamantes son el resultado de sus condiciones singulares de formación. La enorme temperatura y presión en las entrañas de la Tierra obligaron a los átomos de carbono a formarse en redes cúbicas regulares, que le atribuyen al diamante una dureza insuperable. El diamante es valioso no sólo por sus extraordinarias propiedades ópticas, sino que atrae además a los científicos e ingenieros por su alta resistencia mecánica, la cual se determina por la dureza. La dureza puede ser medida por distintos métodos, y el diamante en cualquier escala resulta ser el patrón de dureza máxima en la naturaleza.

En el año 1811 el mineralogo alemán Friedrich Mohs propuso su escala de dureza. La escala de Mohs es hoy en día una de las más conocidas. Ella se basa en el hecho de que el material más duro deja rayas en el más blando. Sin embargo, este método no es infalible: depende mucho de la forma de los minerales y del método de producir el rayado. Además, la dureza de las distintas caras de un mismo cristal es diferente.

Por ejemplo, en el diamante la mayor dureza la tiene la cara del octaedro; la menor, la cara del cubo. La dureza de un cristal es la medida de su estabilidad. No obstante, pese a que posee una alta resistencia mecánica, el diamante se considera como un material frágil que puede destruirse fácilmente a causa de los golpes y, por eso, tiene una solidez relativamente baja.

El diamante es químicamente estable; no se disuelve incluso al hervirlo en los ácidos sulfúrico, nítrico y fluorhídrico, o en sus mezclas, que actúan destructivamente en otros minerales. Para el diamante tampoco es peligroso el ácido clorhídrico hirviendo, que en cambio sí disuelve fácilmente al grafito. El diamante se oxida lentamente en los fundidos de álcalis y es más estable que el grafito durante la oxidación con oxígeno. En un medio en el que esté presente el oxígeno, a una temperatura superior a  $1500^{\circ}$  C, el diamante se oxida con facilidad y se transforma en grafito.

Siendo el diamante el mineral más duro, éste se emplea no sólo para determinar la dureza de otros cuerpos, sino también para el tratamiento de los materiales por corte, taladrado, rectificado en desbaste y de acabado o pulido. Además, el diamante tiene una extraordinaria conductibilidad térmica en combinación con una alta resistencia eléctrica. Por ejemplo, los diamantes, a temperaturas superiores a  $100^{\circ}$  K poseen una conductibilidad térmica más alta que incluso la plata y el cobre, con la particularidad de que el coeficiente de dilatación térmica es muy pequeño. También, el diamante es un excelente aislador, por lo cual es muy necesario en la microelectrónica. Es suficiente transmitir a algunas secciones de la superficie del diamante propiedades de semiconductores, y pueden ser utilizadas para obtener microcircuitos.

Esta breve síntesis de las propiedades físicas y químicas del diamante sirve de preámbulo al origen geológico y yacimientos de diamante que se presentarán en una segunda parte en el próximo número de "Nuestra Tierra".

## **Autores**

*Juan Carlos García y Barragán y Pablo Peñaflor Escárcega, Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM; jcarlosg@servidor.unam.mx*

## El Cuaternario

# Una visión introdutoria

De todos los períodos geológicos de la historia de la Tierra, el Cuaternario es el más reciente y también el más corto. Cubre aproximadamente los últimos dos millones de años, que representan sólo una mínima parte del amplio registro geológico (4500 millones de años). Sin embargo, los registros cuaternarios se hallan en toda la geografía de la Tierra, tanto en el fondo de las cuencas oceánicas que tapizan, como en los continentes, constituyendo la mayor parte de los suelos y muchos de los depósitos creados por vientos, ríos, glaciares y volcanes. Esta ubicuidad de los sedimentos y formas cuaternarios nos proporciona una información mucho mayor que la que tenemos para otros períodos geológicos, lo que hace que el Cuaternario sea el período mejor conocido, aun siendo paradójicamente la Geología del Cuaternario una de las disciplinas más recientemente introducidas en la Geología.

Por otra parte, durante el Cuaternario surge la especie humana. Si bien los primeros ancestros homínidos (*Gigantopithecus*, *Ramapithecus*) se reportan desde el Mioceno en regiones de África, Europa y Asia, y posteriormente (*Australopithecus*) en el Plioceno de África, el género *Homo*, al que corresponde la especie humana, aparece hace aproximadamente 2.5 millones de años (M.a.). Es durante el Cuaternario cuando tiene lugar la evolución de *Homo habilis* (primeros talladores de piedra; 2.5 a 1.5 M.a.) a *Homo ergaster*, *Homo erectus* y *Homo heidelbergensis* (que se sucedieron desde 1.8 hasta 0.03 M.a., los tres talladores de útiles más sofisticados de tipo acheulense y primeros utilizadores del fuego), y finalmente a *Homo sapiens* (iniciadores del lenguaje y el arte; entre 0.4 M.a. y la actualidad).

No obstante, la característica más peculiar del Cuaternario viene dada por las frecuentes oscilaciones climáticas cuya máxima expresión culmina en los

últimos 750,000 años (Pleistoceno medio - tardío, y Holoceno). En efecto, ya desde el Terciario temprano (a partir del Eoceno, hace más de 50 M.a.) se perfila un enfriamiento climático progresivo en el planeta, pero éste se intensifica particularmente hace aproximadamente 2.6 M.a. El Cuaternario se ha denominado también la Era del hielo, porque los períodos fríos fueron dominantes sobre los cálidos como el que hoy vivimos. Durante los períodos más fríos, grandes masas de hielo de varios kilómetros de potencia se acumularon en las altas latitudes y determinaron cambios en la circulación atmosférica y oceánica de la Tierra. El clima fue más frío que el actual de manera general. Sin embargo, hubo sobre todo una gran variabilidad climática: se cuentan más de cien oscilaciones climáticas intensas en los últimos dos millones de años, y proba-

blemente serán muchas más cuando los avances metodológicos permitan realizar estudios de altísima resolución. Los cambios climáticos parecen deberse mayormente a variaciones orbitales de la Tierra resumidas en la teoría astronómica, y a la propia dinámica interna de la Tierra que amplifica y/o modula los efectos de aquélla, a través de cambios en la disposición de los continentes, en la actividad tectónica, en la extensión de los hielos y en mecanismos de retroalimentación originados por la circulación oceánica.

Actualmente, se estudia el Cuaternario a través de la geología, la geografía, la biología y la antropología, analizando las

formas y estructuras sedimentarias que aún perduran, y los restos de animales y vegetales que vivieron en épocas pasadas de este período. Pero también la química, la física y las matemáticas son imprescindibles para su estudio, por contribuir en los métodos de datación y el desarrollo de modelos de circulación globales. Los estudios del Cuaternario son, y requieren ser cada vez más, multidisciplinarios e interdisciplinarios.

Uno de los logros de este enfoque de trabajo es la obtención de una escala temporal y climática de referencia que se conoce como cronología isotópica, basada en las variaciones en el contenido de los isótopos de oxígeno  $^{16}\text{O}$  y  $^{18}\text{O}$  de caparazones de animales marinos como los foraminíferos, o de burbujas de aire contenidas en el hielo de los grandes casquetes pola-

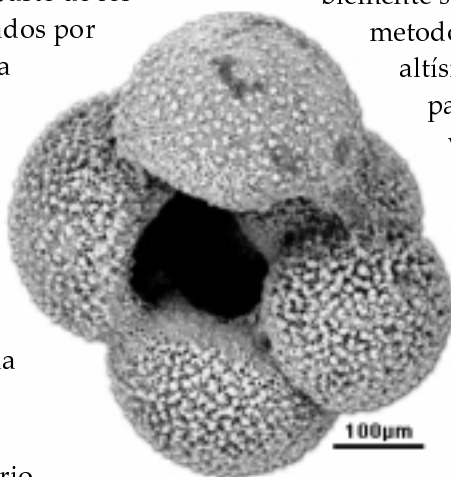


Imagen del foraminífero  
*Globigerina bulloides*.\*

res: la dominancia de uno u otro isótopo refleja condiciones climáticas más frías o cálidas. Junto con la escala paleomagnética que muestra las principales variaciones del campo magnético terrestre y los métodos radiométricos de datación, constituyen hoy la base de la cronología del Cuaternario.

Es esencial el conocimiento de los cambios presentes y pasados, su magnitud y su frecuencia, para entender el mundo actual en que vivimos.

\* Fotografía de Eelco J. Rohling.

<http://www.soton.ac.uk/~bam2/col-index/fossi-lindex/Forams/Eelco/med-levantine/pages/bulloides-globigerina.htm>

### Autor

Ma. Cristina Peñalba, Estación Regional Noroeste, Instituto de Ecología UNAM; [penalba@servidor.unam.mx](mailto:penalba@servidor.unam.mx)

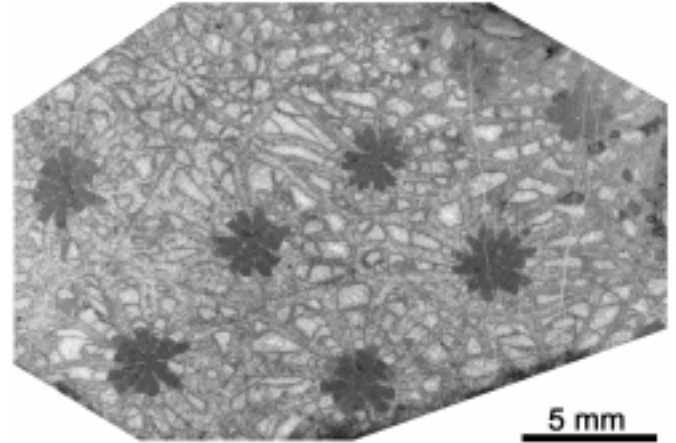
## Fósiles

### Un coral del Cretácico

El fósil de este número es un coral del Cretácico inferior. Los corales son parientes de las medusas y como ellas, son animales invertebrados muy primitivos. Los corales son seres marinos. Para que su metabolismo funcione necesitan agua cálida muy limpia, bastante luz y oxígeno. La luz es importante para ellos porque en sus cuerpos viven algas en una "simbiosis", las cuales producen oxígeno y nutrientes para los corales. Se distinguen corales solitarios y corales coloniales. Un coral solitario se compone solamente de un individuo; mientras que en una colonia viven muchos individuos juntos. Los corales producen un esqueleto de carbonato de calcio, que sirve como protección para su cuerpo sensible. Están presentes desde hace 500 millones de años y en algunos períodos han construido grandes arrecifes. También en el mundo actual hay arrecifes construidos por corales, por ejemplo en el golfo de México, en el mar Caribe y la Gran Barrera de Arrecifes en Australia, entre otros lugares.

La especie que se muestra aquí vivió durante el Cretácico, que es un período en la historia de nuestra tierra ubicado entre 144 y 65 millones de años antes del presente. Es el último período del Mesozoico, cuando vivían también los Dinosaurios. Aproximadamente durante la mitad de este período existía en el norte de Sonora un mar poco profundo. El clima era

cálido y en este mar vivían muchos otros organismos como esponjas, corales, moluscos (como caracoles o conchas), y equinoides (erizos y estrellas de mar). Estos organismos eran diferentes a los organismos que viven actualmente en el mar, pero son comparables. Hoy, podemos encontrar los organismos del Cretácico como fósiles en muchos lugares en Sonora.



Coral fósil *Preverastraea multistella* (STOLICZKA, 1873). Cerro de Oro, Municipio Ures, Sonora, México.

Nuestro fósil se encontró en el área de Cerro de Oro, en el municipio de Ures. Su edad es de aproximadamente 125 a 117 millones de años antes del presente. Es un coral colonial. Los puntos oscuros corresponden a los animales individuales. El coral se llama *Preverastraea multistella* (STOLICZKA, 1873). La especie fue descrita la primera vez de un lugar en el sur de India por Ferdinand STOLICZKA, un geólogo de Austria que vivió por algún tiempo en la India. La imagen que se presenta es una fotografía de una lámina delgada de este coral tomada de una sección horizontal del fósil. El espécimen se encuentra en la colección de fósiles del Instituto de Geología en Hermosillo, identificado con el número de referencia 2157.

### Autor

Hannes Löser, Estación Regional Noroeste, Instituto de Geología UNAM; [hloeser@geologia.unam.mx](mailto:hloeser@geologia.unam.mx)

**Contraportada.** Izquierda: Diamante Oppenheimer, fotografiado por D. Penland. Ejemplar NMHN # 117538 del Instituto Smithsonian. - Derecha: Cristal idiomorfo de diamante de 5 mm, Kimberley, Sudáfrica. Ejemplar de la colección del Museo Brno, Escuela Superior de Química y Tecnología y Facultad de Ciencias Naturales de Praga, República Checa.