



Editorial

Los seres humanos hemos desarrollado un sentimiento de premio y castigo para muchas cosas en la vida. Y sentimos que la naturaleza es, en parte, quien se encarga de impartir esos premios y castigos, para algunos a nombre de un ser superior que rige nuestras vidas. Estos sentimientos se agudizan cuando sufrimos los efectos de las inclemencias naturales. En este sentido, los años 2004 y 2005 fueron realmente catastróficos. En diciembre de 2004, un tsunami arrasó las costas de varios países, incluyendo Sumatra, Sri Lanka, el sur de India, y algunos de la costa oriental africana. Este fenómeno natural se dio a causa de un sismo de magnitud 9.0, que ocurrió frente a la costa occidental de Sumatra. Una falla arriba de la zona de subducción produjo este fenómeno sísmico que causó cuantiosos daños materiales y la irreparable pérdida de muchas vidas humanas. En el 2005 se dejaron sentir los efectos de varios huracanes en el océano Atlántico que afectaron al sur de México y Guatemala con grandes y desastrosas inundaciones, especialmente el huracán Wilma. En el golfo de México, la costa de Florida y Louisiana, en los Estados Unidos de América, fue golpeada por el huracán Katrina, que destruyó una buena parte de Nueva Orleans y otras poblaciones a lo largo de esa costa. Los daños humanos, sociales y económicos sufridos en estas regiones fueron enormes. Ante este tipo de acontecimientos, la sociedad debe reconocer que este planeta tiene una dinámica muy compleja, que apenas empezamos a entender. Y producto de nuestra ignorancia (y quizá también de nuestra soberbia), continuamos levantando construcciones en lugares en donde sabemos que, tarde o temprano, la naturaleza va a manifestar su actividad y a causar de nuevo grandes catástrofes. Pero no es que la naturaleza se ensañe con nosotros; la naturaleza desarrolla su actividad de acuerdo a las condiciones de sus muy diversos movimientos: de corteza, de corrientes marinas, de corrientes atmosféricas y a las interacciones que hay entre ellas. Especialmente recomiendo a nuestros lectores el artículo de José Longoria "Los desastres naturales y su efecto en la sociedad", el cual nos explica de manera sencilla el por qué el ser humano padece los efectos de las actividades de nuestra Tierra.

Pero no todo lo que recibimos de la naturaleza son daños. También nos proporciona todos los satisfactores que podemos requerir. Y algunos más. Calixto Ramírez nos brinda un muy buen ejemplo con su trabajo sobre "Arena sílica"; todo lo que obtenemos de este material, muy abundante en la corteza terrestre: el SiO_2 , compuesto que en algunos casos llamamos dióxido de silicio y en otros cuarzo. También tiene otros nombres y, el avance tecnológico está llevándonos a descubrir muchas más aplicaciones.

Juan Carlos García nos hace una semblanza de Alfred Wegener y las vicisitudes de un investigador cuyo trabajo es rechazado de manera casi furiosa, y al paso de los años se demuestra cuánta razón tenía. Lo único que le faltó fue proponer los mecanismos para generar la energía capaz de mover un continente y explicar cómo y dónde se genera una energía de tal magnitud. Minucias, como quien dice. Ahora sabemos que los continentes se han estado desplazando a lo largo del tiempo. Y lo siguen haciendo. Y qué mejor ejemplo, justo en nuestra vecindad, que la separación de la península de Baja California respecto al continente. Se desplaza en dirección noroeste a razón de unos 5 cm al año, dejando un espacio que es ocupado por el agua del océano formando el golfo de California.

Finalmente, la vegetación de Sonora es muy variada; desde las plantas típicas del desierto hasta los pinos de la alta sierra. En esta ocasión, Jesús Sánchez nos comenta, de manera breve pero amena, de algunas de estas plantas tan familiares para nosotros: el palo verde, el palo brea, el bagote.

César Jacques Ayala

Editor

Contenido

Editorial	2
Los desastres naturales. Parte I (José F. Longoria)	3
Arena sílica (Calixto Ramírez)	6
Wegener y la hipótesis de la deriva de los continentes (Juan Carlos García)	11
Los árboles del género <i>Parkinsonia</i> en Sonora, México. Parte I (Jesús Sánchez)	14

Portada. Huracán Katrina acercándose a la costa del golfo de México. Imagen tomada el 28 de agosto de 2005 a las 17 horas UTC, con el satélite Terra (<http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/gallery/?2005240-0828/>).

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>

ISSN 1665-945X

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.

Ciencias ambientales

Los desastres naturales

Parte 1: Causa y efecto

Introducción

El año de 2005 la humanidad ha presenciado ejemplos desastrosos de fenómenos naturales tales como los huracanes Emily, Katrina, Rita, Stan y Wilma en el golfo de México y noreste de México; las inundaciones en el estado de Veracruz, las inundaciones en el estado de Chiapas causadas por el huracán Stan, las inundaciones en el estado de Nuevo León; los deslaves en Monterrey; las inundaciones y deslaves en Guatemala; el terremoto en Pakistán; el terremoto en Japón; el huracán Wilma en la península de Yucatán y Florida y más recientemente, el 5 de noviembre, el tornado en Indiana, EE.UU. Con esta cantidad de fenómenos desastrosos en un año nos hacemos estas preguntas: ¿Qué son los desastres naturales? ¿Cuál es la vulnerabilidad a los desastres naturales de la región en donde habitamos? ¿Por qué ocurren los desastres naturales?

Es evidente que los desastres naturales ocupan la atención de los medios masivos de comunicación y que han llamado la atención tanto de investigadores de la ciencias de la Tierra, como de los medios masivos de comunicación y hasta han atrapado la atención de Hollywood; pero al mismo tiempo se pone en evidencia que su ocurrencia en casi todo el planeta, y en México en particular, ha dejado rastros de devastación y grandes pérdidas materiales. Todo lo anterior motivó al autor a escribir estas notas con el objeto de difundir de manera sencilla los conceptos y métodos empleados por los investigadores que nos dedicamos a su estudio. Para hacer más accesible el conocimiento científico y su mejor difusión, se ha pensado en la división de la información en dos partes. La parte 1 que se incluye en este artículo, trata de las causas y efectos de los desastres naturales, mientras que la parte 2 que aparecerá en el próximo número de Nuestra Tierra tratará de la influencia de la humanidad en los desastres naturales, es decir, la manera en la que la humanidad y sus actividades han influenciado la ocurrencia y frecuencia de los desastres naturales.

¿Qué son los desastres naturales?

La palabra *desastre* (del latín *dis* = aparte + *aster* = estrella) tiene su origen en la idea de que las estrellas o astros errantes (meteoros y cometas) eran estrellas desafortunadas y por lo mismo su caída en la Tierra era considerada como símbolo de infortunio o de aspectos desfavorables para el planeta. Es importante hacer énfasis en que muchos de los fenómenos que en el ámbito científico concebimos como naturales fueron vistos como fenómenos sobrenaturales o producto de deidades diversas por las culturas de la antigüedad. Por lo mismo, es común que los desastres naturales acaecidos en diversas partes de mundo se suelen referir como cataclismos, calamidades, catástrofes o simplemente acontecimientos siniestros (figura 1). Así, en la actualidad hablamos de desastres naturales y dejamos afuera del ámbito científico todos aquellos fenómenos que caen dentro de la metafísica, de la astrología o astrobiología como se ha dado por denominar a la influencia de las estrellas o astros en la vida humana.

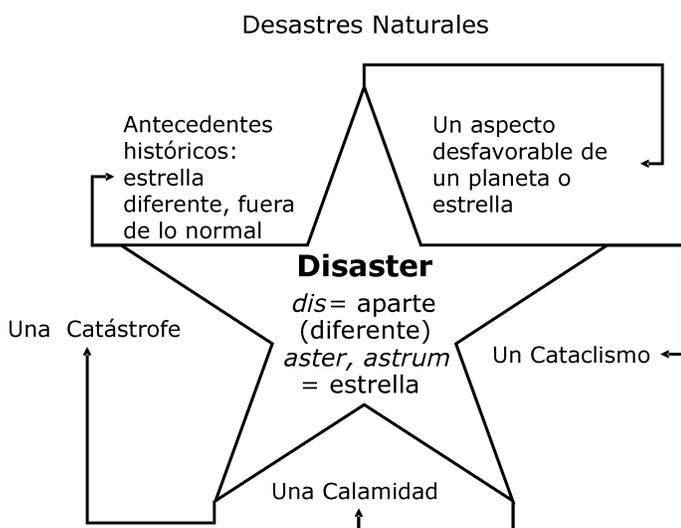


Figura 1. Diferentes connotaciones e implicaciones del término desastre.

Un desastre natural es todo **fenómeno natural**, es decir, originado por los procesos internos y externos del planeta Tierra, que amenaza la estabilidad socio-económica de una región y que potencialmente puede interrumpir el desarrollo sustentable de una región. Los desastres naturales se miden por su intensidad y frecuencia con la que ocurren. La frecuencia se refiere a qué tan seguido ocurre el evento, y la intensidad a la fuerza con la que se presentan. Muchos de los desastres naturales tienen su propia escala para medirlos, por ejemplo la escala de Richter mide la intensidad de los terremotos, la

escala de Zafir-Simpson mide la intensidad de los huracanes y la escala Fujita mide la intensidad de los tornados.

Las grandes culturas prehispánicas de América ya conocían de ciertos fenómenos naturales incluidos en el concepto de desastre natural. Por su parte los aztecas de la antigüedad reconocían la naturaleza cambiante de su entorno y hacían alusión a que la vida humana se extinguía periódicamente a causa de diferentes calamidades al fin de cada era llamada "Sol". El quinto Sol, cuyo signo era *Nahui Ollin*, que significa "movimiento", debería terminar a causa de un terremoto. Los aztecas pretendían retrasar, mediante Chalchíhuatl, el líquido precioso del sacrificio, el cataclismo que habría de poner final al quinto Sol. En el mundo maya el dios de los vientos fuertes y dañinos se denominaba *Hurakan*, de ahí el término huracán. Los símbolos de *Nahui Ollin* y *Hurakan* se muestran en la figura 2. Es evidente que esas antiguas civilizaciones comprendían la interdependencia entre desastres naturales y humanidad.

En el sentido estricto del análisis de los desastres naturales se entiende por **cataclismo** (o inundación) el trastorno de enormes proporciones en el globo terráqueo causado por el agua: la inundación del área de Nueva Orleans del estado de Louisiana en Estados Unidos, puede considerarse como un cataclismo. El término **calamidad** debe de aplicarse a una desgracia o infortunio que alcanza a mucha gente; el caso de la inundación de Nueva Orleans es también un ejemplo de calamidad. Una **catástrofe** es un desastre natural que además de ser deplorable alcanza proporciones mayores que lo esperado en un desastre de ese tipo y por lo tanto implica que es un desastre masivo y que requiere de gastos fuertes de tiempo y dinero para su recuperación; una vez más, el desastre de Nueva Orleans cae dentro de esta categoría.

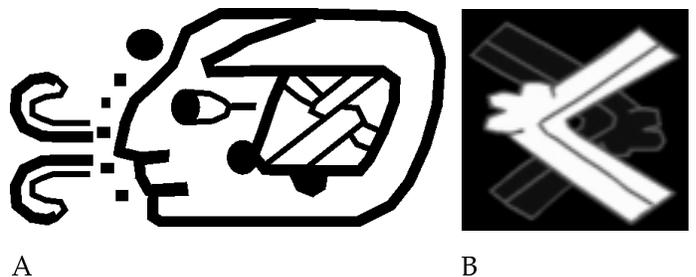


Figura 2. (A) Simbología Maya que representa al dios del viento Hurakan (B) Nahui Ollin de los aztecas que representa los terremotos.

Con frecuencia se tiene que el desastre natural se presenta como un *evento catastrófico rápido que trae grandes daños, pérdidas y/o destrucción* por lo que como resultado del evento se dice que hay una catástrofe, es decir, el efecto que es un suceso infausto de dimensiones mayores que lo que se conoce para desastres similares anteriores. De ahí la relación Causa – Efecto de los desastres naturales.

¿Cuál es la causa de los desastres naturales?

Para contestar esa pregunta se tiene que aclarar que un desastre natural es un fenómeno natural (*la causa*) que en forma normal o anormal amenaza la estabilidad socioeconómica de una región y el cual puede potencialmente interrumpir el desarrollo y que resulta en una consecuencia (*el efecto*) que trae consigo grandes daños, pérdidas y/o destrucciones. En sí, se entiende que la causa de los desastres naturales es un proceso geológico, atmosférico, oceanográfico, meteorológico, o biológico que genera el fenómeno natural (el desastre) y que al afectar áreas habitadas por los humanos tiene resultados dañinos o efectos desastrosos (los efectos). Al ser el efecto el resultado del impacto del fenómeno natural, se suele confundir con el fenómeno en sí o sea la causa del efecto desastrosos. De ahí que se tiene que distinguir entre el desastre (el fenómeno en sí y lo que lo causa) y el efecto (los desastres o daños que causa a la sociedad). Por ejemplo un huracán es un fenómeno natural (el desastre), pero el efecto dañino puede ser variado (figura 3).

Los fenómenos (desastres) tienen diferentes causas: (a) la dinámica misma de la Tierra, (b) la interacción de las diferentes esferas o capas del planeta Tierra, y (c) la influencia antropogénica en muchos de ellos. De esto se deduce que hay procesos físicos, químicos y biológicos que interactúan entre sí para inducir los fenómenos naturales, es decir, que por la misma naturaleza de la dinámica del planeta Tierra ellos se llevan a cabo. Por lo mismo, el análisis de los desastres naturales implica el estudio de la Tierra como sistema natural ya que está claro que vivimos en un planeta “vivo” si lo comparamos con otros del Sistema Solar como Marte o Venus en donde la dinámica es muy baja o casi nula. En la Tierra, todos estos procesos y fenómenos producen y consumen energía la cual al liberarse o transferirse de un lugar a otro en forma espontánea produce un fenómeno bien definido y organizado. Ese fenómeno es un evento natural, en el sentido de que está siendo producido en el planeta

Tierra como resultado de procesos intrínsecos de la dinámica del planeta, pero de duración variable dependiendo de la zona o capa de la Tierra en donde se produce. La interacción del fenómeno o evento y sus partes o componentes produce un determinado patrón el cual obedece a las leyes físicas, químicas y/o biológicas, según el caso. Como resultado de la dinámica de ese fenómeno o evento se producen efectos en el entorno físico en donde se llevan a cabo. El panorama arriba señalado describe la interacción innegable de los procesos naturales que han estado operando desde la formación del planeta Tierra, y en sí, son los mecanismos que han permitido que la Tierra tenga su actual configuración.



Figura 3. Los componentes de un desastre, ejemplificado con un huracán.

Los componentes de un desastre natural

Para mejor visualizar la trilogía de los componentes de los desastres naturales tomaremos como ejemplo el caso de los ciclones (figura 4). El primer componente es **la causa** o sea, lo que origina un huracán. En este caso se trata de la interacción de la hidrósfera con la atmósfera, es decir, el calentamiento de las aguas oceánicas y la interacción con perturbaciones atmosféricas. Por lo tanto las condiciones de la atmósfera (presión) e hidrósfera (temperatura del océano) tienen que ser las adecuadas para iniciar el proceso de movimiento que cambia los patrones normales de circulación atmosférica. Se produce entonces una serie de cambios físico-químicos que conllevan a la generación de un sistema de circulación de tamaño y energía (fuerza) variables que se denomina sistema ciclónico. El sistema ciclónico es **el fenómeno** o evento causado por el proceso o serie de procesos de la interacción hidrósfera-atmósfera y se denomina huracán en el Caribe-Atlántico y tifón en el Pacífico, o simplemente ciclón tropical. El fenómeno, el huracán, se desarrolla en el océano y después de viajar miles de kilómetros en el océano Atlántico llega a las costas del continente

en donde descarga su energía, pero al tocar tierra y sobre todo áreas habitadas por los humanos, desarrolla sus efectos en la sociedad que son los **peligros** tales como vientos ciclónicos, marejadas, lluvias torrenciales, tornados, inundaciones, erosión costera, inestabilidad de taludes, etc.; todos éstos son productos naturales que propician una amenaza a la sociedad y sus bienes materiales, lo cual promueve la vulnerabilidad de la sociedad a esos fenómenos (ver figura 4). Además hay **riesgos** asociados al fenómeno tales como pérdida de instalaciones, pérdida de vidas humanas, pérdidas en la agricultura, paralización del transporte urbano, caos urbano, deslaves, e inundaciones. Entonces, una vez que el huracán o fenómeno natural (el desastre) toca tierra en áreas densamente pobladas por humanos y sus actividades, produce efectos que se pueden cuantificar y calificar como calamidades, cataclismos, catástrofes, o simplemente dañinos a la sociedad porque producen pérdidas de vidas humanas y pérdidas materiales y por lo mismo los efectos de los huracanes, dependiendo de la zona impactada, suelen ser de proporciones gigantescas, como el caso de Katrina en la ciudad de Nueva Orleans, EE.UU.

Agradecimientos

El autor agradece a la Federación de Colegios de Ingenieros Civiles de México y en particular al Dr.

Materias primas

Arena sílica

Introducción

Antes de definir qué es arena sílica, es necesario precisar algunas definiciones del silicio como elemento químico no-metálico y sus compuestos más comunes, como sílica, silicato y silicón. El entendimiento de las diferencias entre estas sustancias de nombre parecido, nos ayudará a saber distinguir qué es la arena sílica.

Toda la materia en el universo está formada por 118 elementos químicos que se sabe que existen. Un elemento químico es la forma más simple de la materia y es una sustancia fundamental que consiste de un solo tipo de átomos. Un compuesto químico es una sustancia formada por la unión de dos o más elementos, y puede ocurrir como sólido, líquido o gas. Una sus-

Raymundo Dávalos Sotelo, Pdte. XX Consejo Directivo, por la invitación a presentar mis conceptos y opiniones sobre desastres naturales en una ponencia magistral de la 3a Reunión Nacional de la Federación Mexicana de Colegios de Ingenieros Civiles, A.C., en la Ciudad de Xalapa, Ver.

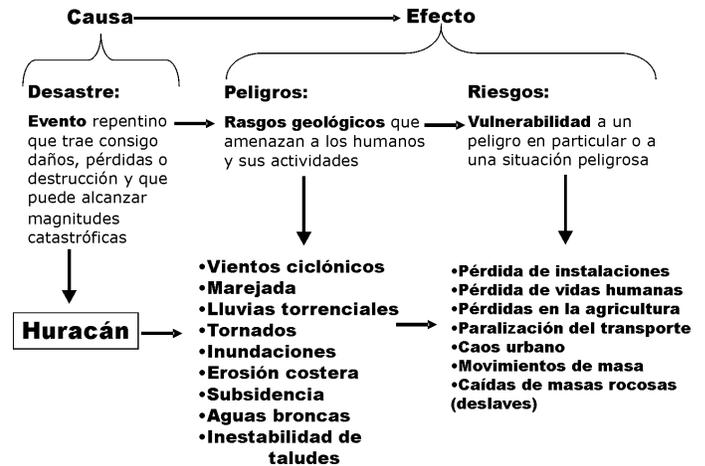


Figura 4. La trilogía los componentes de los desastres naturales ejemplificada en el huracán.

Autor

José F. Longoria; Department of Earth Sciences, Florida International University, EE. UU.; longoria@fiu.edu

tancia cristalina posee un arreglo interno tridimensional de sus átomos; solo puede ser sólida. Los minerales son sustancias cristalinas caracterizadas por poseer una composición química y un arreglo atómico definido o característico. Mineraloides son aquellas sustancias sólidas que no poseen ningún arreglo atómico ordenado; también se les llama sustancias amorfas.

Silicio

El silicio es el segundo elemento químico más abundante en la corteza terrestre, solamente después del oxígeno. A pesar de constituir el 28% en peso de la corteza terrestre nunca ocurre como elemento nativo (e.g. oro, plata, mercurio); es decir, sin combinar con otros elementos. Junto con el oxígeno hacen el 75% de la masa de la corteza terrestre que pisamos y de donde tomamos todo lo que usamos en nuestra vida diaria.

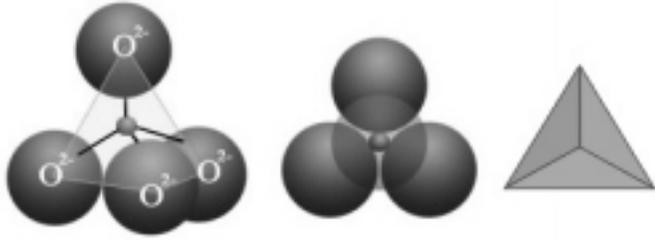


Figura 1. Tres formas de representar la molécula de silicio, que es un tetraedro: a) a la izquierda un modelo de esfera y vara, muestra al catión de silicio rodeado de cuatro aniones de oxígeno; b) al centro, un modelo de relleno de espacio; c) a la derecha, la forma geométrica de tetraedro.

Existen 8 elementos químicos no-metálicos que tienen algunas propiedades de los metales (e.g. conductividad eléctrica), por lo cual algunos científicos los clasifican como metaloides. El silicio es uno de estos elementos, ya que posee una propiedad especial: a altas temperaturas actúa como un metal y conduce la electricidad, pero a bajas temperaturas no permite el paso de la electricidad actuando como un aislador. Por estas razones en electrónica se le conoce como un semiconductor. Esta propiedad especial del silicio ha hecho que la tecnología incursionara primero en el mundo de los transistores, luego en el mundo de los circuitos integrados y, finalmente, en el mundo actual de los microprocesadores de computadora. Actualmente el silicio es la materia prima básica para la manufactura de los microprocesadores. El silicio puro que se requiere para esta aplicación no existe en la naturaleza, por lo que es necesario obtenerlo de la fuente más común de sílice en la naturaleza, esto es la arena sílica.

Sílica y sílice

El vocablo sílica es un anglicismo cuya traducción al español es sílice. Por convencionalismo y facilidad fonética, en sus inicios la industria vidriera mexicana adoptó el uso del término sílica para aplicarlo a las arenas que se importaban de los EE.UU. bajo el nombre de "silica sand".

En química el término sílice es la forma corta para denominar al compuesto químico dióxido de silicio [SiO₂] formado por dos átomos de oxígeno y uno de silicio. Debido a que el oxígeno y el silicio son los elementos más abundantes en la corteza terrestre la formación de la sílice es muy común en la naturaleza, la cual puede ser cristalina o amorfa.

En la sílice cristalina un átomo de silicio se combina con cuatro átomos de oxígeno para formar el tetraedro

de sílice [SiO₄], donde el oxígeno ocupa cada una de las 4 esquinas del tetraedro (pirámide triangular de 4 caras) y un átomo de silicio su centro (Fig. 1). El arreglo regular y periódico de los átomos en forma tetraédrica formando una red tridimensional, es lo que imparte la estructura cristalina a los diferentes minerales constituidos por sílice que son: cuarzo, tridimita, cristobalita, coesita, kaetita y stishovita. Estas son las seis diferentes formas polimórficas cristalinas conocidas de la sílice. El cuarzo es la forma cristalina más estable y más abundante en la naturaleza. La tridimita y cristobalita son formas cristalinas de sílice relativamente raras y la coesita y stishovita son extremadamente raras. La kaetita es una forma sintética que no ha sido encontrada en la naturaleza.



Figura 2. Afloramiento de arenisca de cuarzo en capas semimasivas. El color blanco de la arenisca es indicativo de que está desprovista de arcilla y los procesos naturales de acarreo y sedimentación la han lavado y clasificado. Este tipo de areniscas constituyen una excelente materia prima para la producción de arena sílica para envases de vidrio, vidrio plano y cristalería.

Existen también formas criptocristalinas de sílice como el pedernal, calcedonia y ágata que están compuestas por cristales de cuarzo tan pequeños que aun bajo el microscopio son difíciles de distinguir. Algunas rocas sedimentarias están formadas completamente por sílice microcristalina como el trípoli y la novaculita.

Del mismo modo, la sílice amorfa también está compuesta por átomos de oxígeno y silicio pero no tienen ningún arreglo periódico, es decir, no forman estructura cristalina alguna. Estas formas de sílice pueden ser de tipo inorgánico como el ópalo, o de tipo biológico producida por organismos acuáticos microscópicos como las diatomeas (plantas) y los radiolarios

(animales), los cuales extraen la sílice disuelta en el agua para formar sus diminutas conchas. El tamaño promedio de las testas de estos organismos es de 50 micras.

Silicatos

Los silicatos son compuestos en donde los tetraedros de sílice se enlazan a otros elementos como el sodio, potasio, calcio, magnesio, fierro y aluminio y forman el grupo de minerales más abundante en la naturaleza. Ellos forman el 90% de la corteza terrestre, ya que son los constituyentes esenciales de la mayoría de las rocas. Además del cuarzo, entre los silicatos formadores de rocas más comunes se tienen los feldespatos, las arcillas, las micas, los piroxenos y los anfíboles. El feldespato es el mineral más abundante en la corteza terrestre, seguido por el cuarzo que es la forma más común de sílice.

Silicón

Los silicónes son compuestos sintéticos formados por dos o más átomos de silicio enlazados a compuestos orgánicos de carbono. También la mayoría de los silicónes contienen oxígeno. A diferencia de la sílice y los silicatos donde el silicio y el oxígeno se entrelazan en forma tetraédrica, en los silicónes el silicio y oxígeno forman estructuras tipo cadena denominadas polímeros.

Los silicónes pueden ser líquidos (usado como repelente de agua y desespumantes), grasas o ceras (usadas como lubricantes resistentes al calor y el agua), resinas y sólidos (usados para hacer pinturas, hules y plásticos especiales que resisten el calor y ataque químico). Probablemente el uso más publicitado de los silicónes sea para la manufactura de implantes de pecho para las mujeres, lo cual recientemente se ha comprobado es un peligroso precursor de cáncer.

¿Qué es arena sílica?

Arena sílica es un vocablo compuesto acuñado por la industria para denominar a la principal materia prima utilizada en la fabricación de vidrio, cerámica, moldes y corazones para fundición, etc.

El término arena se utiliza para describir cualquier material (sedimento natural no consolidado) formado por partículas o granos de minerales o rocas que varían en tamaño de 2 milímetros (malla # 10) a 0.0625 milímetros (malla # 230). A los materiales con tamaños

de partícula mayores que 2 milímetros se les conoce como gravas; a los materiales con tamaño de partícula menor que 0.0625 milímetros se les conoce como limos y arcillas. Es evidente entonces que el término arena describe una propiedad física que es el tamaño de partícula.



Figura 3. Mina de arenisca de cuarzo en preparación para extracción y acarreo de materia prima a planta de lavado. Se observa equipo de extracción y acarreo realizando la operación de remoción de cuerpo de arcilla superior (mineral estéril).

El término *sílica* como ya se mencionó tiene una connotación de composición química, y es la forma corta para denominar al dióxido de silicio. Por otro lado, la única sustancia mineral compuesta enteramente por sílica es el cuarzo que es el segundo mineral más abundante en la corteza terrestre. Existen varias razones para explicar esta abundancia; el cuarzo es muy duro, solo los escasos topacio, rubí y diamante lo rebasan en dureza, prácticamente no tiene crucero (planos de debilidad en la estructura atómica) de manera que no se fragmenta y/o desgasta fácilmente; es casi insoluble en agua y el intemperismo no lo altera.

Por lo tanto, puede decirse que los términos arena sílica y arena de cuarzo son sinónimos. Tal vez la diferencia básica entre ellos resida en que la arena sílica es una arena manufacturada por procesos de beneficio de minerales tales como molienda, cribado, hidroclasi-ficación, atrición, flotación, separación magnética y tratamiento ácido, entre otros. El objetivo de estos procesos es el de controlar su distribución granulométrica, eliminar las impurezas minerales que contenga y suministrar un producto consistente a la industria para producir artículos de calidad.

¿Dónde se localizan sus yacimientos en la naturaleza?

Aunque con algunas excepciones raras como las tobas cristalinas de Guanajuato, los depósitos de arenas de cuarzo del sur de Veracruz y/o formaciones de rocas cuarcíticas (formación Carrizo en el norte de Coahuila) son el tipo de yacimientos más común que ocurre en la naturaleza, y constituyen la materia prima a partir de la cual se benefician y obtienen las arenas sílicas. Aquí cabe puntualizar que, a mayor contenido de cuarzo en un depósito natural de arena, el proceso para beneficiarla es más simple y de costo de producción más bajo.



Figura 4. Planta de lavado de arena sílica. La arenisca de cuarzo extraída de la mina es alimentada a la planta donde se separan los granos de arena gruesa mayores que 600 micrones y los granos de arena fina menores que 100 micrones por medio de equipos de clasificación con agua.

Por mucho, los procesos naturales que siempre han ocurrido sobre la superficie de la Tierra, como el intemperismo (cf. tratamiento ácido), la erosión (cf. mollienda), el acarreo de sedimentos por las corrientes fluviales (cf. lavado y clasificación), la acción del oleaje en las playas (cf. atrición) y la acumulación de sedimentos en cuencas sedimentarias (cf. presas de jales), constituyen los mejores procesos de “beneficio” para la formación de yacimientos de arena sílica.

¿Hace cuánto tiempo se empezó a utilizar y cuáles fueron los primeros objetos que se obtuvieron?

El uso de la arena sílica está muy ligado a la fabricación de vidrio y se remonta al tercer milenio antes de Cristo en los actuales territorios de Egipto, Irak y

Siria, en lo que fue el antiguo Egipto y Mesopotamia. El historiador romano Plinio el Viejo (año 23 - 79 D.C.) atribuye el descubrimiento del vidrio, aunque sin precisar fechas, a un grupo de marinos fenicios que al estar cocinando sus alimentos sobre una fogata en una playa, y al no encontrar piedras para colocar sus vasijas sobre el fuego, tomaron unos “terrones” de la carga que transportaban. Estos “terrones” eran de una sustancia alcalina que se utilizaba para embalsamar a los muertos llamada natrón, que es un tipo de trona hidratada, esto es, un carbonato de sodio natural como el que actualmente se usa en la fusión del vidrio.

Plinio escribió “cuando los terrones de natrón se fundieron con el calor de la fogata y reaccionaron con la arena de la playa se formó un líquido extraño” ... y éste fue el origen del vidrio.



Figura 5. Patio de escurrimiento. Torre de producto terminado de arena sílica para envases de vidrio, vidrio plano y cristalería. Al fondo se observa la planta de lavado. Después de al menos 72 horas de escurrimiento el producto húmedo se alimenta a un horno rotatorio para su secado y almacenamiento y posteriormente ser embarcado al mercado.

Esta es una encantadora historia un tanto difícil de creer; lo que sí está documentado por la arqueología es que, alrededor del año 2500 A.C. los artesanos de estas regiones, en su afán artístico, empezaron a hacer cuentas y otros objetos pequeños de vidrio como imitaciones de piedras preciosas; éstos son los primeros objetos de vidrio de los cuales se tiene conocimiento. Unos mil años después aprendieron a hacer diversos tipos de envases por el método de vaciado en moldes o “corazones” de arcilla muy similares a los métodos actuales de fundición y moldeo de metales. Estos primeros envases eran pequeños pomos que se usaban para conservar ungüentos y eran de circulación limi-

tada en el antiguo Egipto donde solo algunos privilegiados los podían tener.

Los orígenes del vidrio, tal como lo conocemos actualmente, se remontan al periodo Ptolomeico de Egipto en Alejandría (ca. año 300 A.C.) y un poco después en la antigua Roma. El vidrio soplado probablemente se desarrolló en el siglo I A.C. por los sirios y fue perfeccionado por los romanos.

¿Hacia qué usos futuros se orienta esta materia prima?

Existen dos materiales esenciales para el desarrollo de la tecnología de los microprocesadores y la comunicación, que son el silicio y la fibra óptica, respectivamente. La materia prima básica para fabricar estos dos materiales es la arena sílica, la cual requiere ser de una alta pureza.

La posibilidad de fabricar computadoras ópticas que puedan guardar y procesar información por medio de láser de luz a través de fibras ópticas y no por corrientes eléctricas de electrones a través de alambres de cobre, se está investigando actualmente.

También el uso de fibras ópticas en los microscopios electrónicos de barrido ha ayudado a obtener imágenes más claras de objetos pequeñísimos (hasta una millonésima de centímetro) como los virus, bacterias y células, y a poder observar en tiempo real cómo trabajan internamente.

Los vidrios planos del futuro podrán tener tratamientos especiales para que reaccionen a una corriente eléctrica y se oscurezcan con solo presionar un botón; es decir, serán una especie de cortina electrónica. Estos vidrios ya existen actualmente pero a costos exorbitantes.

La arena sílica micronizada está comenzando a tener una demanda creciente para su uso como carga mineral – filler –, en plásticos y pinturas. También el desarrollo de cerámicas de quemado rápido empieza a requerir sílica molida con tamaños de partícula más pequeños (< 20 micrones).

En resumen, la arena sílica empezó a usarse desde los albores de la civilización y continuará siendo una materia prima básica para el desarrollo tecnológico futuro.



Figura 6. Presa de jales para disponer del agua “sucia” de proceso de la planta de lavado y confinar los limos y arcillas (izquierda de la presa – descarga de agua de proceso). La presa actúa como una cuenca sedimentaria donde los terrígenos se sedimentan tan pronto las corrientes pierden su competencia para transportarlos. Esta parte del proceso tiene como finalidad no contaminar los cauces de agua naturales y recuperar o reciclar el agua clarificada (derecha de la presa), la cual es conducida de nuevo a la planta de lavado por medio de tubería, ya sea por gravedad o por bombeo.

Autor

Calixto Ramírez Ramírez; calixto.ramirez@gmail.com

Contraportada. Artículo “Arena sílica”. Diferentes aspectos y formas del cuarzo. (A) Arena de cuarzo. Foto por cortesía de Ron Neumeyer, MicroImaging Services, Delta, BC, Canadá (<http://www.microimaging.ca/default.htm>). (B) Huellas de oleaje en arena, formadas en una playa. (C) Cristal de cuarzo, fotografía de Chip Clark, ejemplar de la colección del Museo Nacional de Historia Natural, del Instituto Smithsonian, Washington, D.C. (<http://www.minerals.si.edu/images/gallery/mineral.htm>). Publicada con permiso del autor y de la institución. (D, E) Obras de arte en vidrio (ambas imágenes tomadas de <http://en.wikipedia.org/wiki/Glass>), D, El vidrio se puede hacer transparente y plano o dársele otras formas, como esta esfera elaborada por Verrerie de Bréhat, Bretaña, Francia, E, Escultura de vidrio “The Sun” de Dale Chihuly en la exhibición “Jardines de vidrio” en Kew Gardens, Londres, Inglaterra. La obra tiene 4 m de alto y está elaborada con más de 1000 objetos independientes.

Wegener y la hipótesis de la deriva de los continentes

El nacimiento de un paradigma en geología: la Tectónica de Placas

Alfred Lothar Wegener nació en Berlín, Alemania, el 1 de noviembre de 1880. Obtuvo un doctorado en astronomía en la Universidad de Berlín en 1904. Sin embargo, él siempre tuvo interés en la geofísica y también fascinación por los campos emergentes de la meteorología y la climatología. Durante su vida, Wegener hizo varias contribuciones clave a la meteorología: él fue el pionero en el uso de globos para rastrear la circulación del aire y escribió un texto de uso generalizado en toda Alemania. En 1906 Wegener se unió a una expedición a Groenlandia para estudiar la circulación del aire polar. Al regresar, aceptó un puesto como tutor en la Universidad de Marburg, aunque se dio tiempo para visitar una vez más Groenlandia entre 1912 y 1913. En 1914 fue reclutado en el ejército alemán aunque fue liberado del frente de combate debido a que fue herido, y sirvió durante el resto de la guerra en el servicio meteorológico del ejército. Después de la guerra, Wegener regresó a Marburg, aunque se frustró con los obstáculos que encontró para que su carrera avanzara; en 1924 aceptó una cátedra creada especialmente en meteorología y geofísica en la Universidad de Graz, Austria. Wegener realizó la que iba a ser su última expedición a Groenlandia en el invierno de 1930. Al regresar de una expedición de rescate que llevaba alimentos a un grupo de sus colegas acampados en la mitad de la capa de hielo de Groenlandia, murió uno o dos días después de su aniversario número cincuenta en la estación Eismitte, Groenlandia.

En el otoño de 1911, mientras Wegener se encontraba en Marburg echando un vistazo en la biblioteca de la universidad, encontró un artículo científico que enumeraba los fósiles idénticos de plantas y animales



Figura 1. Alfred Wegener (tomado de <http://www.ucmp.berkeley.edu/history/wegener.html>).

encontrados a uno y otro lado del Atlántico. Intrigado por esta información, Wegener empezó a buscar, y encontrar, más casos de organismos similares separados por grandes océanos. La ciencia ortodoxa de ese tiempo explicaba tales casos postulando puentes, ahora hundidos, que alguna vez conectaron continentes actualmente alejados. Sin embargo Wegener notó la similitud tan estrecha entre las líneas de costa de Africa y Sudamérica. ¿Podrían las similitudes de estos organismos deberse, no a los puentes de comunicación, sino a que los continentes alguna vez estuvieron unidos? Como él más tarde escribió: "Una convicción de validez fundamental de la idea se plantó en mi cerebro".

Tal punto de vista, para ser aceptado, requeriría de grandes cantidades de evidencia. Wegener encontró que rasgos geológicos a gran escala en continentes separados a menudo coincidían muy cercanamente cuando los continentes se juntaban. Por ejemplo, las montañas Apalaches en el este de Estados Unidos coincidían con las Tierras Altas de Escocia; y los distintos estratos de roca del sistema Karroo de Sudáfrica eran idénticos a los del sistema Santa Catarina en Brasil. Wegener también descubrió que los fósiles encontrados en un determinado lugar a menudo indicaban un clima completamente diferente del clima actual: por ejemplo, actualmente se encuentran en la isla ártica de Spitsbergen fósiles de plantas tropicales, tales como helechos y cicadáceas.



Figura 2. Última foto de Alfred Wegener y Rasmus Villumsen. Tomada el 1 de noviembre de 1930 (cumplía Wegener 50 años) cuando abandonaban la estación "Eismitte" (Derechos de autor del Alfred-Wegener Institute for Polar and Marine Research. Publicada con permiso).

Todos estos hechos apoyaron la teoría de Wegener de "la deriva de los continentes", que expuso por primera vez en 1912, y desarrolló la forma más detallada en su tratado de 1915 *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane* (El origen de los continentes y los océanos). Ediciones aumentadas de este libro fueron publicadas en 1920, 1922 y 1929. Wegener propuso que hace unos 300 millones de años, los continentes formaban una sola masa llamada Pangea (del griego que significa "todo Tierra"), rodeada por un vasto océano llamado Panthalassa. Pangea se había roto o separado en fragmentos que se habían alejado unos de otros desde entonces. Aunque otros naturalistas ya habían observado la correspondencia de los perfiles costeros de ambos lados del océano Atlántico, sobre todo los de África y Sudamérica, Wegener fue capaz de sintetizar observaciones geológicas, biológicas y paleontológicas que le permitieron proponer la teoría de la deriva de los continentes.

Las reacciones a la teoría de Wegener fueron casi uniformemente negativas y, a menudo, fueron extremadamente duras y vituperantes. El Dr. Rollin T. Chamberlin de la Universidad de Chicago dijo "La hipótesis de Wegener es, en general, del tipo libre, en el sentido de que se toma muchas libertades con nuestra Tierra, y está menos limitada por las restricciones o sometimientos de hechos extraños o peligrosos que la mayoría de sus teorías rivales (sí toman en cuenta)". Parte del problema era que Wegener no tenía un mecanismo convincente para que los continentes se pudieran mover. Wegener pensaba que los continentes eran movidos a través de la corteza terrestre, como rompehielos surcando capas de hielo, y que la fuerza centrífuga y las fuerzas de marea eran las responsables del movimiento de los continentes. Los oponentes a la deriva continental notaron que moverse a través de la corteza terrestre distorsionaría los continentes más allá de todo reconocimiento y que las fuerzas centrífugas y de marea eran demasiado débiles como para mover continentes -un científico calculó que una fuerza de marea suficientemente fuerte para mover continentes causaría que la Tierra dejara de rotar en menos de un año. Otro problema eran los errores en los datos originales de Wegener que originaron algunas predicciones incorrectas y extrañas: él sugirió que Norteamérica y Europa se apartaban a razón de 250 cm por año, cerca de 10 veces más de lo que es ahora, y cerca de cien veces más rápido que la tasa que se ha

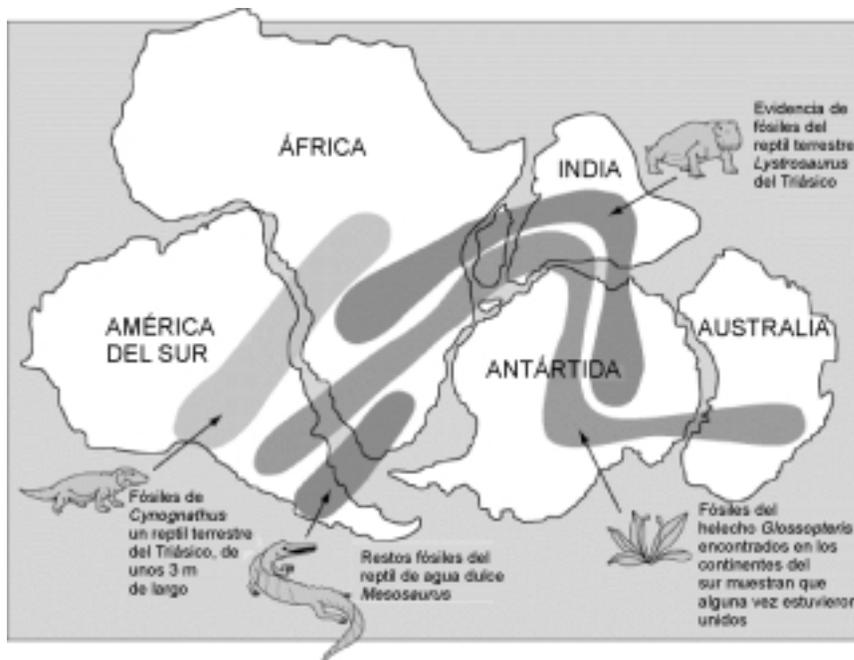


Figura 3. Algunas de las evidencias que Wegener utilizó para elaborar su teoría de la deriva continental.

medido para América y Europa. Sin embargo, hubo científicos que apoyaron a Wegener: el geólogo sudafricano Alexander Du Toit era partidario de la teoría como una explicación para la cercana similitud de estratos y fósiles entre África y Sudamérica, y el geólogo suizo Émile Argand vio a las colisiones continentales como la mejor explicación para los estratos plegados y distorsionados que él observó en los Alpes Suizos. La teoría de Wegener encontró apoyo más escaso después de su muerte, pues la mayoría de los geólogos continuó creyendo en los continentes estáticos y en los puentes entre ellos.

La intensa exploración de la corteza terrestre, principalmente del piso oceánico, empezando en los años 50's y continuando hasta el presente revivió la hipótesis de la deriva continental. Para fines de los años 60's, la teoría de la tectónica de placas estaba bien cimentada y era aceptada por la mayoría de los geólogos. Nosotros sabemos ahora que la teoría de Wegener estaba equivocada en un punto importante: los continentes no "viajan" por el piso oceánico. En cambio, tanto los continentes como el piso oceánico forman placas sólidas, las cuales "flotan" sobre la astenósfera, la roca subyacente que se encuentra bajo tremenda presión y temperatura que se comporta como un líquido extremadamente viscoso. Incidentalmente, ésta es la razón por la cual el antiguo término "deriva continental" no es exacto puesto que tanto continentes como corteza oceánica se mueven.

Desde los tiempos de Wegener, los científicos han cartografiado y explorado el gran sistema de cordilleras oceánicas, los sitios de sismos frecuentes, donde la roca fundida se eleva desde la parte baja de la corteza y se solidifica para formar nueva corteza. Sabemos ahora que mientras más se aleje uno de una cordillera oceánica, más antigua será la corteza del piso oceánico, y más antiguos serán los sedimentos que la cubren. La implicación clara es que las cordilleras o crestas oceánicas son los sitios donde las placas se alejan o apartan. Donde las placas chocan, grandes cadenas montañosas pueden ser elevadas, tal como el Himalaya; o si una placa se hunde debajo de otra, se forman las trincheras oceánicas profundas y las cadenas de

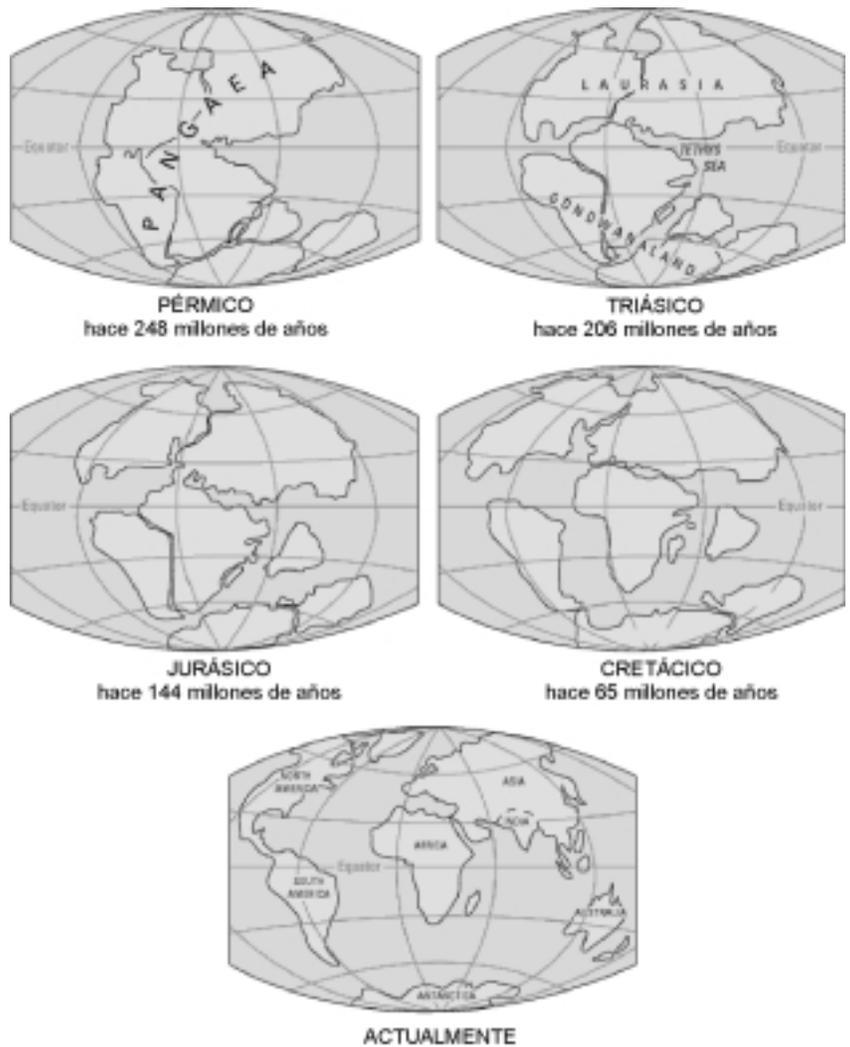


Figura 4. Lo que actualmente sabemos de los movimientos que han seguido los continentes, desde el Pérmico hasta el Reciente.

volcanes. Los terremotos son, por mucho, más comunes a lo largo de los límites de las placas y las zonas de *rift*: dibujar la localización de los terremotos permite a los sismólogos cartografiar límites de placas y profundidades. Los datos de paleomagnetismo han permitido cartografiar movimientos de placas en el pasado mucho más precisos que antes. Es posible, todavía, medir la velocidad de las placas continentales con extrema precisión, utilizando tecnología de satélites. Sin embargo, las ideas fundamentales de Wegener permanecen como verdaderas, y las líneas de evidencia que utilizó para apoyar su teoría están aún siendo investigadas y expandidas.

Autor

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

Los árboles del género *Parkinsonia* en Sonora, México



Figura 1. Matorral desértico con ocotillo, choyas, gobernadora y palo verde. Foto del autor, tomada en 2002.

Parte I

Durante miles de años y a través de muchas generaciones, las plantas del desierto Sonorense se han adaptado para sobrevivir a las largas sequías; por ejemplo, cactáceas como la choya (*Opuntia fulgida*) se adaptaron a las condiciones de aridez adquiriendo la capacidad de almacenar grandes cantidades de agua en sus tejidos, y sus hojas se convirtieron en espinas para disipar el calor y reducir la evaporación. Algunos arbustos tienen hojas plateadas que reflejan la radiación solar, como el chamizo (*Ambrosia deltoidea*) y la rama blanca (*Encelia farinosa*), ayudando a retener la humedad. El ocotillo (*Fouquieria splendens*) y la gobernadora (*Larrea divaricata tridentata*) tiran por completo sus hojas en los períodos de sequía para reducir la pérdida de humedad. Árboles como el palo fierro (*Olneya tesota*), mezquite (*Prosopis spp.*) y el palo verde (*Parkinsonia microphylla* [= *Cercidium microphyllum*]) sobreviven en el desierto gracias a sus hojas muy pequeñas, reduciendo el área de evaporación. Aun estando sin hojas, el palo verde continúa la fotosíntesis ya que su tronco y ramas verdes contienen clorofila.



Figura 2. (A) Árbol y (B) flores de palo verde en el matorral desértico al Sur de Rancho Viejo, Municipio de Ures, Sonora. Foto del autor, tomada en 2005. (C) Imagen de un ejemplar de palo verde en el herbario USON.

Además del palo verde, en el estado de Sonora se cuenta con otras tres especies de *Parkinsonia*, género arbóreo perteneciente a la familia de las leguminosas: el palo brea (*Parkinsonia praecox*), el palo verde azul (*Parkinsonia florida*), y el bagote, bacaporo, o guaco (*Parkinsonia aculeata*). A excepción del bagote, es común que la gente confunda a las otras tres especies como palo verde. En esta primera parte describiremos primeramente dos especies: palo verde y palo brea.

Palo verde (*Parkinsonia microphylla*)

El palo verde es una planta endémica del desierto Sonorense. Es un árbol que habita generalmente en laderas, riscos, cañadas, bajadas y arroyos del matorral desértico, en el centro y noroeste del estado, desde

cerca del nivel del mar, hasta 1220 metros de elevación. Puede ser un arbusto o árbol de hasta 8 metros de altura, ramificado desde un tronco corto cerca de la base; de corteza suave, verde, con apariencia cerosa; tallos delgados de color verde-amarillo brillante; ramitas espinosas con un par de pinas con 4 a 6 pares de hojitas muy pequeñas. Las flores tienen pétalos amarillos, pero uno de ellos más pálido o casi blanco. Los frutos son vainas que se cierran entre semilla y semilla, las cuales son de color café. La floración es masiva y espectacular entre marzo y mayo, y los frutos maduran de mayo a junio. El palo verde es un árbol que puede lucir muy bien en los jardines urbanos de Sonora, pero es importante considerar su crecimiento lento.



Figura 3. (A) Árbol y (B) flores de palo brea en el matorral desértico al oriente de Rancho Viejo, Municipio de Ures, Sonora. Foto del autor, tomada en 2003. (C) Imagen de un ejemplar de palo brea en el herbario USON.

Brea, palo brea (*Parkinsonia praecox*)

En Sonora se encuentra en llanuras, laderas, valles y arroyos del matorral desértico, matorral espinoso, selva baja caducifolia, y en el límite bajo de pastizales, desde cerca del nivel del mar, hasta los 1065 metros de elevación. Es generalmente un árbol de corona redonda de hasta 9 metros de alto, con corteza suave verdosa, con ramitas espinosas con 1 a 2 pares de pinas con 5 a 8 pares de hojitas de hasta 10 milímetros de largo. Sus flores son de color amarillo-dorado, y los frutos son vainas casi planas que se

estrechan en los extremos. A diferencia del palo verde, las vainas del palo brea no están constreñidas entre las semillas. Su floración se lleva a cabo entre febrero y junio. Por su velocidad de crecimiento moderada y su forma característica debería de considerarse para tener un amplio uso paisajístico en Sonora.

Autor

José Jesús Sánchez Escalante; Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora; jsanchez@guayacan.uson.mx