



Año 18 | Número 39 | 30 de junio 2023 |

| Hermosillo, Sonora, México. |

NUESTRA TIERRA

Órgano de divulgación de la Estación

Regional del Noroeste, UNAM

UNA MANITA DE GALLINA A LA MINERÍA

**DESIERTO DE SONORA: UN NICHOPROPIO
PARA LA ALERGIA RESPIRATORIA**

**EL SORPRENDENTE LAGO CRATÉRICO DEL
VOLCÁN "EL CHICHÓN"**

¡REFORESTEMOS!...¿UN PASTIZAL NATURAL?

**HONGOS Y DESECHOS AGROINDUSTRIALES:
¿VILLANOS O SUPERALIADOS?**

EDITORIAL

En nombre del equipo de trabajo de esta revista, presentamos el ejemplar No. 39 de "Nuestra Tierra", publicación que es órgano de divulgación de la Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México.



En esta edición compartiremos una variedad de temas muy interesantes que nos permitirán apreciar cosas sorprendentes desde conocer los factores ambientales que detonan alergias respiratorias, conocer escenarios naturales, reflexionar sobre el cuidado del ambiente y realizar acciones para su preservación e incluso aprovechar desechos agroindustriales.

Este número inicia con Morales-Amparano y Huerta-Ocampo quienes nos explicarán las razones para ubicar al desierto de Sonora como un nicho propicio para la alergia respiratoria, que seguramente muchos hemos padecido. Al leerlo podremos saber si las condiciones climáticas extremas de calor, la industrialización de la región, el uso desmedido de plantas alergénicas con fines ornamentales y otros factores influyen en este escenario.

Hablando de escenarios, Velázquez-Ríos y colaboradores nos muestran El sorprendente lago cratérico del volcán "El Chichón", sí en efecto un lago localizado en el cráter de un volcán activo que además hospeda vida microscópica adaptada a condiciones extremas de temperatura y acidez. El estudio de estos microorganismos es de beneficio en la búsqueda de vida en diferentes cuerpos planetarios y en aplicaciones de biorremediación ambiental.

Martínez Castrejón y colaboradores nos comparten una aplicación ambiental del cascarón de huevo, como "una manita de gallina a la minería", ya que por su elevado contenido de carbonato de calcio (CaCO_3) tiene la capacidad de disminuir el efecto corrosivo de aguas ácidas; una solución que contribuye con la preservación y restauración del medio ambiente.

En este sentido, Ortega-Álvarez y colaboradores en su artículo "Reforestemos, ¿un pastizal natural?" nos comparten información valiosa para reforestar de manera informada y con fundamentos científicos, ya que, de no hacerlo, podríamos generar más problemas de los que pretendemos resolver. Entre ellas se destacan el investigar la historia del lugar, buscar alianzas con grupos científicos que trabajen en la zona, así como asesorarse y colaborar con habitantes locales.

Ya dentro de este contexto en relación a cultivos, Gutiérrez y colaboradores abordan la posibilidad de usar residuos agroindustriales como sustratos para el cultivo de hongos con uso medicinal como una alternativa viable que ayude en la disposición, reutilización y reciclaje de esos desechos. Nos adentrarán en aspectos que nos harán repensar si los hongos son villanos o superaliados.

Sin duda que el contenido de este número despierta nuestra curiosidad por lo que sin más preámbulo los invito a iniciar la lectura, no sin antes despedirme en nombre del equipo de "Nuestra Tierra".

Dra. Aurora M. Pat Espadas
Editora en Jefe de Nuestra Tierra

CONTENIDO

2 EDITORIAL

3 DESIERTO DE SONORA: UN NICHOPROPIO

6 EL SORPRENDENTE LAGO CRATÉRICO DEL VOLCÁN "EL CHICHÓN"

10 UNA MANITA DE GALLINA A LA MINERÍA

14 ¡REFORESTEMOS!...¿UN PASTIZAL NATURAL?

16 HONGOS Y DESECHOS AGROINDUSTRIALES: ¿VILLANOS O SUPERALIADOS?

Fotografía de portada: Dra. Aurora M. Pat Espadas, Geol. Adriana Aimeé Orcí Romero.

Nuestra Tierra, Año 18, No. 39 (Junio de 2023), es una publicación semestral del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito de la Investigación Científica, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, C. P. 04510, Ciudad de México. Estación Regional del Noroeste, av. Luis Donaldo Colosio s/n y Madrid, campus UniSon, Hermosillo, Sonora, C. P. 83000. Editor responsable: Dra. Aurora M. Pat Espadas. Número del Certificado de Reserva de Derechos al uso exclusivo del Título: 04-2004- 050610455400-102. ISSN 1665-935X. Número del Certificado de Licitud de Título y Contenido: 17529. Diseño: Alejandra Bárcenas Martínez. Impresión: Imagen Digital del Noroeste, S.A. de C.V. Tiraje: 100 ejemplares, impresión Offset con papel couché cover de 300 g para forros y couché text de 150 g para los interiores. El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores y no refleja necesariamente el punto de vista de los editores asociados ni del editor en jefe. Se autoriza la reproducción de los artículos (no así de las imágenes) con la condición de citar la fuente y se respeten los derechos de autor.

DIRECTORIO UNAM

DR. ENRIQUE LUIS GRAUE WIECHERS
Rector

DR. LEONARDO LOMELÍ VARGAS
Secretario General

DR. LUIS AGUSTÍN ÁLVAREZ ICAZA LONGORIA
Secretario Administrativo

DR. WILLIAM HENRY LEE ALARDÍN
Coordinador de la Investigación Científica

DR. RICARDO BARRAGÁN MANZO
Director del Instituto de Geología

DR. THIERRY CALMUS
Jefe de la Estación Regional del Noroeste

DIRECTORIO DE NUESTRA TIERRA

No. de Reserva de Derechos al uso exclusivo
del título 04-2004-050610455400-102
ISSN 1665-935X

DRA. AURORA M. PAT ESPADAS
Estación Regional del Noroeste, Instituto de
Geología, UNAM
Editora Responsable

DRA. CLARA L. TINOCO OJANGUREN
Estación Regional del Noroeste, Instituto de
Ecología, UNAM

DRA. MA. CRISTINA PEÑALBA GARMENDIA
Depto. de Investigaciones Científicas y
Tecnológicas, Universidad de Sonora

GEOL. ADRIANA AIMÉ ORCÍ ROMERO
Estación Regional del Noroeste, Instituto de
Geología, UNAM

DRA. BLANCA GONZÁLEZ MÉNDEZ
Estación Regional del Noroeste, Instituto de
Geología, UNAM

DRA. DENISSE ARCHUNDIA PERALTA
Estación Regional del Noroeste, Instituto de
Geología, UNAM

Editores Asociados

Para recibir esta revista vía internet escribir a:
nuestratierra@geologia.unam.mx



@RNTERNOUNAM

@RNTERNO

DESIERTO DE SONORA: UN NICHOPROPIICIO PARA LA ALERGIA RESPIRATORIA

Martha Beatriz Morales-Amparano, José Ángel Huerta-Ocampo*

Coordinación de Ciencia de los Alimentos, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Hermosillo, Sonora, México.

*jose.huerta@ciad.mx

Introducción

¿Conoces a alguien con alergia respiratoria? la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que alrededor del 30% de la población padece este tipo de alergia. Actualmente, la alergia respiratoria es considerada un problema de salud pública a nivel global, y por tanto también en países en desarrollo como el nuestro. Esta es causada por elementos en el ambiente, que son inofensivos para la mayoría de la población, como el ácaro del polvo, esporas de hongos, células de la piel de animales domésticos y el polen de las plantas, que contienen moléculas denominadas alérgenos cuya naturaleza es principalmente proteínica. Estas moléculas son responsables de desencadenar, en pacientes sensibles, manifestaciones clínicas molestas como la rinitis, conjuntivitis, estornudos y en casos más graves dificultades respiratorias, que en ocasiones pueden llegar a tener consecuencias fatales. El tratamiento de los síntomas de la alergia es comúnmente farmacológico y como consecuencia puede causar letargo y somnolencia.

La respuesta alérgica se presenta cuando los alérgenos entran en contacto con los tejidos mucosos de pacientes sensibles, como los ojos y las vías respiratorias. En estos tejidos se encuentran mastocitos y basófilos, células del sistema inmune que contienen gránulos que almacenan, entre otros, histamina y proteasas, que son las moléculas responsables de causar los síntomas de la alergia y que se liberan tras un proceso llamado activación celular. La activación ocurre cuando los mastocitos y basófilos reconocen un alérgeno mediante proteínas especializadas que se encuentran ancladas a la superficie de



Figura 1. Mapa del Desierto de Sonora (tomado y modificado de Google Earth.)

la membrana celular, llamadas inmunoglobulinas del tipo E (IgE), producidas previamente en respuesta a algún agente que el organismo percibe como extraño en un proceso que se conoce como sensibilización alérgica. Tras el reconocimiento, las células comienzan un proceso de desgranulación, en el cual los gránulos en el citoplasma celular se funden con la membrana, liberando diversas moléculas proinflamatorias, principalmente histamina, culminando en la manifestación de los diversos síntomas alérgicos. Se considera que esta reacción alérgica es exagerada, ya que ocurre ante moléculas que no representan un verdadero riesgo para el organismo, y pueden presentarse cada vez que el individuo sensible entre en contacto con la fuente de alérgenos, dado que los alérgenos en el aire son difíciles de evitar, la alergia respiratoria es un problema recurrente en quienes la padecen.

Diversos factores pueden contribuir a exacerbar las molestias de la alergia respiratoria, como la contaminación, el clima de cada región y los alérgenos presentes en el ambiente, centrándonos en esta ocasión en el polen como principal fuente de alérgenos de exterior en el Desierto de Sonora. Este desierto es compartido por estados del norte de México (Baja California, Baja California Sur y Sonora) y el sur de Estados Unidos (Arizona y California), como podemos ver en la Figura 1. En la República Mexicana predominan los climas tropicales, templados y semi secos, sin embargo, cerca del 20% del territorio cuenta con clima seco-desértico, es ahí donde se encuentra el Desierto de Sonora, considerado el más seco y caluroso del país. La vegetación predominante son arbustos, cactus, agaves y árboles pertenecientes a las fabáceas como mezquite, palo verde y palo fierro. Las diferencias climáticas hacen que la flora en el Desierto de Sonora sea muy distinta a la del resto del país y, por ende, los tipos de pólenes dispersos en el aire también lo son.

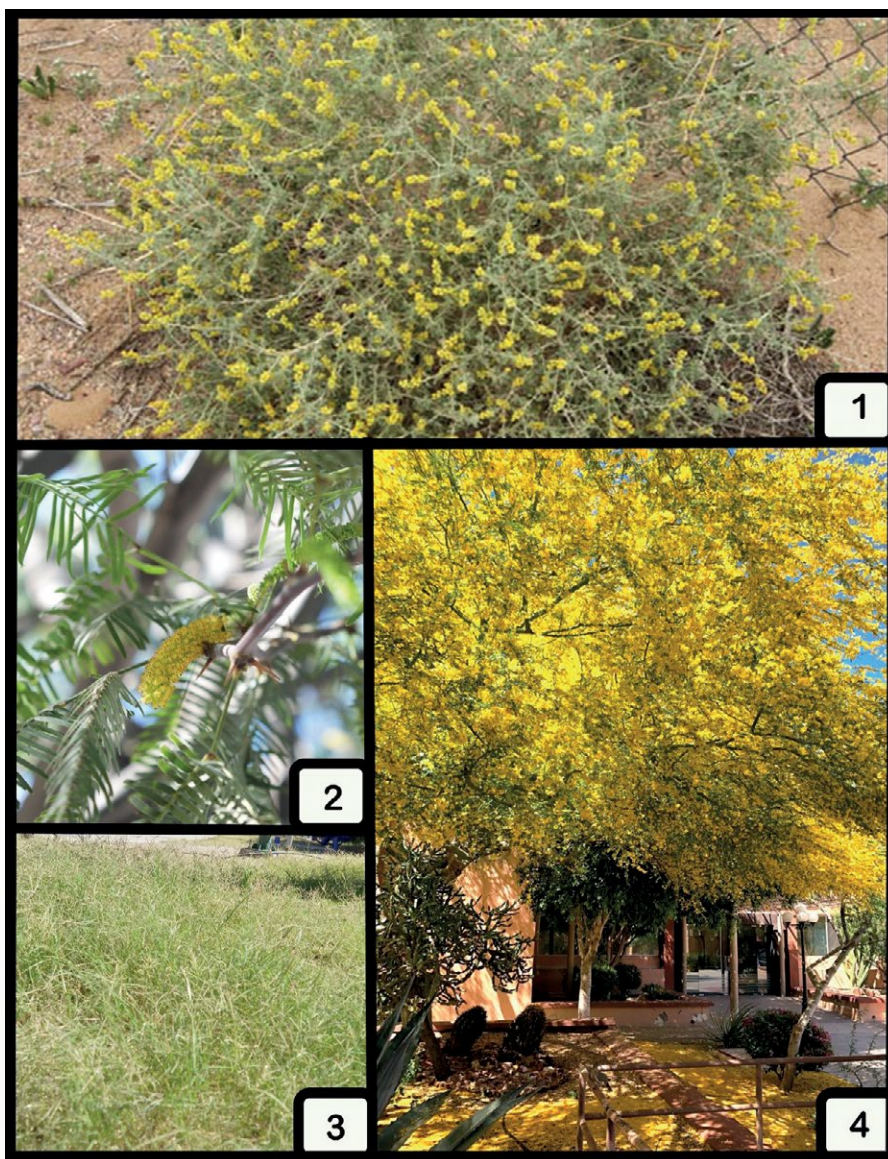


Figura 2. Ilustración de algunas de las fuentes de pólenes más abundantes en el aire de Hermosillo, Sonora. Se muestran, respectivamente, ambrosía (1), mezquite (2), pastos (3) y palo verde (4). Fotografías tomadas por Martha B. Morales y tomadas de la web.

Principales pólenes alergénicos presentes en el desierto de Sonora

Existen muchos pólenes capaces de causar alergia respiratoria, sin embargo, el tipo y abundancia de los pólenes presentes en el ambiente no son los mismos en todas las regiones del país, y tampoco lo es su capacidad para desencadenar los síntomas de la alergia. Estudios aerobiológicos reportados por la REMA (Red Mexicana de Aerobiología), en los cuales se identifican y contabilizan las partículas biológicas transportadas por el aire, indican que los tipos y cantidades de pólenes dispersos en el aire de la Ciudad de México son diferentes a los reportados en Sonora. Por ejemplo, en Ciudad de México se reporta en primavera, la presencia de pólenes provenientes de ciprés, fresno, roble y pino, en concentraciones de moderadas a altas. Por su parte, en la ciudad de Hermosillo, la capital sonorensa (ubicada en el Desierto de Sonora), se reportan abundancias muy altas de los pólenes de palo verde, mezquite, pastos, y ambrosía (ejemplos de estas plantas se muestran en la Figura 2). En ambas regiones los pólenes reportados son alergénicos, sin embargo, pólenes como los provenientes de pastos y ambrosía, son considerados altamente alergénicos a nivel mundial, encontrándose en concentraciones muy altas en el Desierto

de Sonora. Otros reportes de estudios aerobiológicos en Hermosillo, Sonora, confirman que los pólenes de pastos y ambrosía están presentes durante todo el año en la atmósfera de esta ciudad, alcanzando mayores concentraciones en los meses de agosto a noviembre, incrementando la incidencia de las manifestaciones alérgicas en la población (Ortega-Rosas *et al.*, 2020).

¿Tiene efecto este tipo de clima sobre la cantidad de polen en el ambiente?

La respuesta es sí, se ha comprobado que el cambio climático afecta directamente a la floración y producción de polen en las plantas. Para algunas especies entre más pronto lleguen las condiciones cálidas y sean más prolongadas en el tiempo, mayor cantidad de polen liberarán al ambiente. Se han realizado estudios sobre cómo la temperatura afecta el crecimiento, floración y la alergenicidad del polen en plantas de ambrosía, que como se mencionó, es altamente alergénica y predominante en la atmósfera del Desierto de Sonora. Los resultados muestran que en algunas plantas como ambrosía que tienen amplia tolerancia al calor, estas condiciones aumentan su crecimiento, la producción de polen y su alergenicidad (Gentili *et al.* 2019). También se ha reportado que aspectos como la baja humedad en el ambiente, baja precipitación pluvial y la velocidad del viento influyen en el transporte del polen por el aire, facilitando su contacto con personas susceptibles. Estas condiciones climáticas son frecuentes en el Desierto de Sonora, donde las temperaturas son altas (normalmente arriba de los 36 °C entre los meses de abril y septiembre), la humedad en el ambiente y las precipitaciones son bajas durante la mayor parte del año (Ortega-Rosas *et al.*, 2020).

La contaminación afecta la sensibilidad a los alérgenos en el aire

Uno de los principales motivos por los que la alergia respiratoria y sus síntomas han ido incrementando al

Condiciones que propician la alergia en el desierto de Sonora



Figura 3. Infografía que resume las condiciones que propician la alergia en zonas desérticas. Elaboración propia utilizando el editor de fotos Canva.

Foto de Anastasia Lashkevich.

pasar de los años, además del cambio climático, es el constante aumento en los niveles de contaminación, principalmente en grandes ciudades debido a la alta industrialización. Es bien sabido que la calidad del aire que respiramos influye considerablemente en el estado de salud. Existe evidencia de que los contaminantes en el aire, como dióxido de nitrógeno (NO_2), el ozono (O_3), material particulado y el dióxido de azufre (SO_2) contribuyen a un estado proinflamatorio crónico, el cual aumenta la permeabilidad de las mucosas, facilitando el acceso de los alérgenos por el epitelio respiratorio y exacerbando la respuesta inmune (Terán *et al.*, 2009). Si bien esta no es una condición única del Desierto de Sonora, lo cierto es que es un factor presente en las ciudades de esta región, donde las zonas industriales no están separadas de las zonas residenciales.

Conclusiones: La alergia en el clima desértico

Como podemos inferir, el Desierto de Sonora parece ser un nicho propicio para la alergia respiratoria. Las condiciones climáticas extremas de calor hacen que las plantas tengan largos periodos de floración; y los bajos niveles de humedad relativa, junto a las pocas lluvias y altas velocidades de los vientos, propician el acarreamiento del polen en el aire, facilitando los procesos de sensibilización y reexposición en la población. Aunado a todo esto, la inminente industrialización de la región, que trae consigo el calentamiento global y la contaminación ambiental, hacen que la susceptibilidad de la población hacia los alérgenos sea cada vez mayor. Dado que este es un problema creciente de salud pública, sería importante para la población de la zona, actualizar la estadística respecto a la incidencia e identificar las fuentes polínicas causales de la alergia respiratoria; así como controlar el uso desmedido de plantas alergénicas con fines ornamentales.

Referencias

- Gentili, R., Asero, R., Caronni, S., Guarino, M., Montagnani, C., Mistrello, G., & Citterio, S. 2019. *Ambrosia artemisiifolia* L. temperature-responsive traits influencing the prevalence and severity of pollinosis: a study in controlled conditions: *BMC Plant Biology*, 19(1), 1-9.
- Ortega Rosas, C. I., Calderón-Ezquerro, M. D. C., & Gutiérrez-Ruacho, O. G. 2020. Fungal spores and pollen are correlated with meteorological variables: effects in human health at Hermosillo, Sonora, Mexico: *International Journal of Environmental Health Research*, 30(6), 677-695.
- Terán, L. M., Haselbarth-López, M. M. M., & Quiroz-García, D. L. 2009. Alergia, pólenes y medio ambiente: *Gaceta Médica de México*, 145(3), 215-222.

EL SORPRENDENTE LAGO CRATÉRICO DEL VOLCÁN “EL CHICHÓN”

Irving Oswaldo Velázquez-Ríos¹, Rocío Jetzabel Alcántara-Hernández², María Aurora Armienta-Hernández³ y Víctor Manuel Ruíz-Valdiviezo¹

¹Tecnológico Nacional de México/IT de Tuxtla Gutiérrez, Carretera Panamericana km. 1080, Tuxtla Gutiérrez, 29050, Chiapas, México.

²Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Av. Universidad 3000, Alc. Coyoacán, 04510, Ciudad de México, México.

³Instituto de Geofísica, Departamento de Recursos Naturales, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Av. Universidad 3000, Alc. Coyoacán, 04510, Ciudad de México, México.

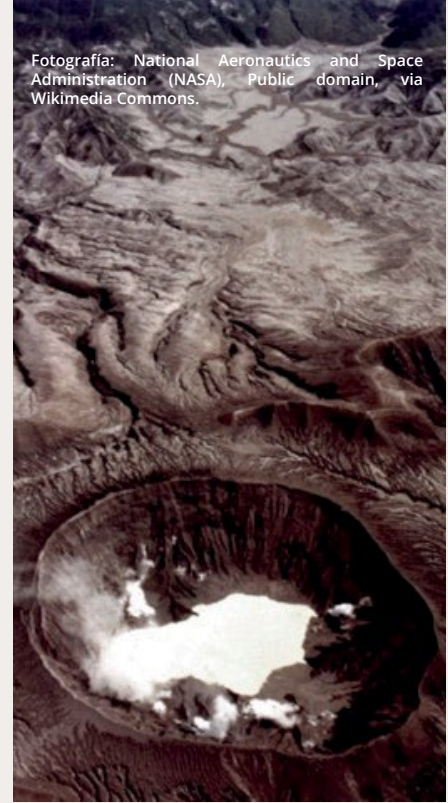
*16271040@tuxtla.tecnm.mx

Los lagos volcánicos se encuentran distribuidos en todo el mundo y en Chiapas, México, tenemos al lago cratérico “El Chichón”, un lago localizado en el cráter de un volcán activo. El lago ha sido estudiado por vulcanólogos y geoquímicos, pero se sabe muy poco de los microorganismos que lo habitan bajo condiciones extremas de temperatura y acidez. Actualmente, y gracias a los estudios de ADN, sabemos que los microorganismos que viven en este lago tienen la capacidad de sobrevivir bajo los componentes presentes en volcanes activos como gases, y compuestos de carbono, azufre y hierro. Aquí presentamos la historia de los estudios de estos microorganismos como *Acidithiobacillus*, *Desulfotomaculum* y *Alicyclobacillus*, y los principales resultados obtenidos de la exploración microbiana del lago del volcán “El Chichón”.

Introducción

El 28 de marzo de 1982 ocurrió uno de los desastres volcánicos más devastadores en México, donde el volcán “El Chichón” o “Chichonal” entró en actividad eruptiva. Posterior a este evento, se observaron tres pequeños lagos en su cráter, y para noviembre del mismo año, éstos se unificaron formando un solo lago que permanece hasta la actualidad. Casi de inmediato, los investigadores y vulcanólogos comenzaron a estudiar el volcán, tomando muestras del cráter, incluyendo el lago. Se supo entonces que el lago era muy ácido con valores de pH=0.56 y presentaba altas temperaturas que oscilaban entre los 52 y 58°C. Los vulcanólogos hicieron una serie de experimentos para identificar los factores que contribuían a las características del volcán tales como la lluvia, el agua subterránea, los fluidos formativos, los fluidos hidrotermales, las fumarolas, el magma, y los sedimentos, entre otros. En ese momento, descartaron la posible contribución de microorganismos a las características del lago, debido a que no pudieron detectar ningún microorganismo empleando técnicas tradicionales de cultivo.

Posteriormente, siguieron los monitoreos al lago y gracias al trabajo de los vulcanólogos se tiene un registro de las principales características químicas del volcán. El lago ha permanecido como un sistema ácido, y en general se ha mantenido en valores de pH cercanos a 2. Contrariamente, su temperatura sí ha presentado variaciones, con valores de 28 a 90°C. También se sabe que los elementos predominantes en este lago son: el azufre (S), cloro (Cl), sodio (Na), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y boro (B), por mencionar algunos.



Una de las características importantes y más llamativas del lago es su color verde, el cual ha presentado diversas tonalidades a través del tiempo. En general, los lagos en cráteres de volcanes activos se caracterizan por colores que tienen un atractivo visual, y al momento se sabe que su color se debe a la absorción de la luz solar por partículas de hierro, así como a partículas de azufre en el agua de los lagos (Figura 1).

Lagos cratéricos en México

En México, se han reportado en tres volcanes la presencia de lagos cratéricos (es decir, lagos dentro del cráter del volcán). Uno de estos volcanes es el Nevado de Toluca en el Estado de México, el cual tiene un cráter de 2 a 2.5 km de diámetro con un domo lava que separa dos lagos: “El Sol” y “La Luna”. El agua es fría con temperaturas de 8 a 9°C, y el pH va de 4.9 a 5.6. Sin embargo, la última erupción del Nevado de Toluca ocurrió hace aproximadamente 3,300 años y la fuente de agua de estos lagos son la precipitación y el deshielo, por lo que tiene muy pocos nutrientes.

Otro volcán que tuvo un lago en el interior de su cráter es el Popocatepetl, uno de los volcanes más activos de México. Este lago era muy parecido al de “El Chichón” considerando su color

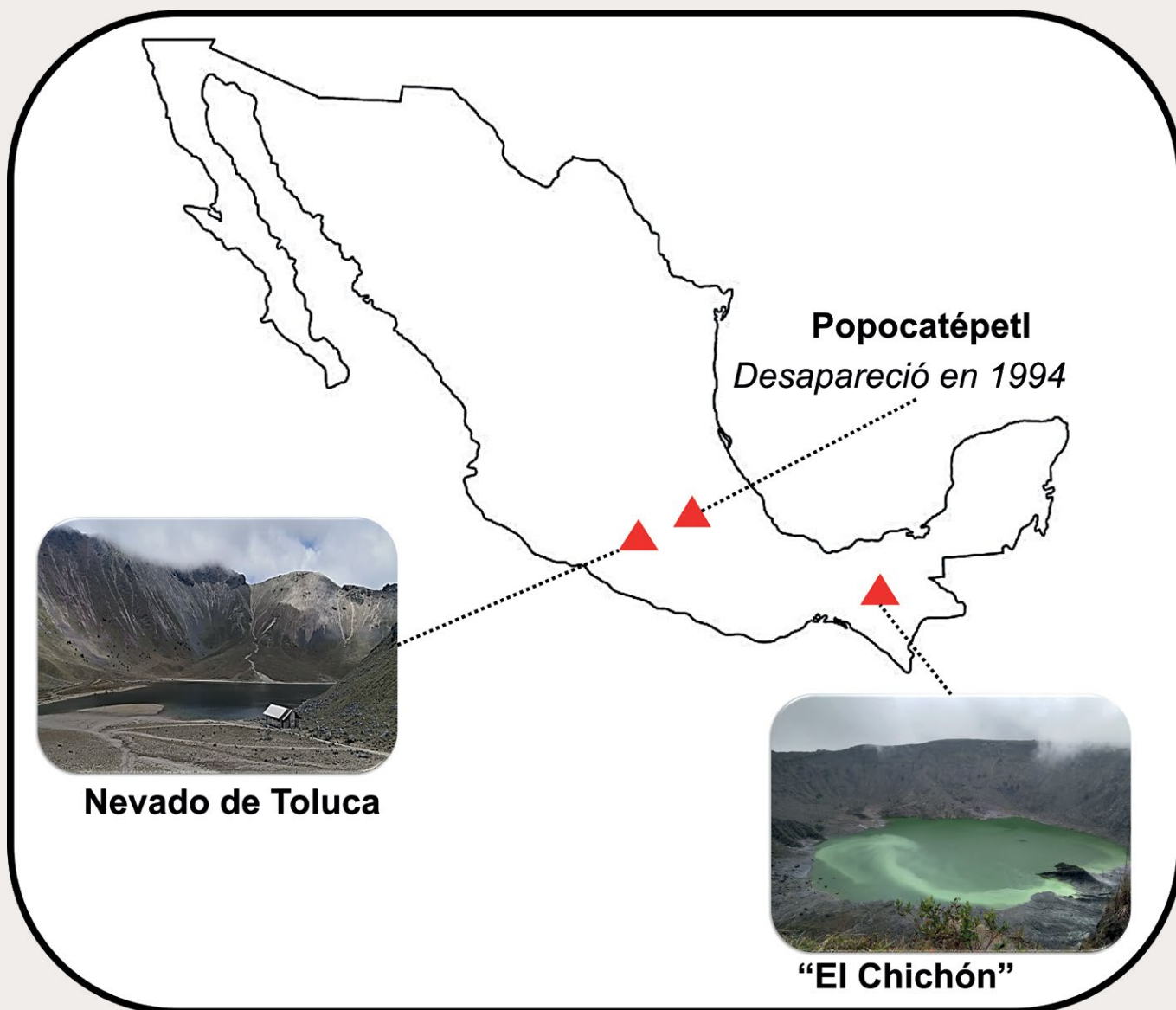


Figura 1. Mapa de México mostrando los sitios donde se han reportado lagos cratéricos, incluyendo volcanes como el Nevado de Toluca (Estado de México), el Popocatepetl (Puebla) y El Chichón (Chiapas).

(verde esmeralda), acidez (pH: 1.3-1.5) y temperatura (65°C). Los elementos más abundantes del lago eran S, Cl, Mg, Ca, Na y K; sin embargo, este lago desapareció en el año de 1994. Previo a esta erupción se colectaron muestras del lago y se observó un incremento en las concentraciones de magnesio como consecuencia del aumento de la actividad volcánica. Por ello, las mediciones periódicas a la química acuática de estos sistemas pueden servir como herramienta de monitoreo volcánico.

Con lo anterior, podemos observar que el lago cratérico “El Chichón” es un ambiente único en México, ya que es actualmente el único lago dentro

del cráter de un volcán activo, que presenta altas temperaturas y valores de acidez extremos (Figura 1).

¿Vida en un lago cratérico volcánico?

La acidez, y las altas temperaturas y concentraciones de algunos elementos como metales y metaloides, representan un desafío para el desarrollo de la vida. Sin embargo, en el lago del volcán “El Chichón” habitan microorganismos que viven y se desarrollan bajo estas condiciones extremas. Desde 1983, se consideró la presencia de microorganismos en este lago, específicamente aquellos que se alimentan de azufre debido a que es uno de los elementos más abundantes en el lago. En ese momento no fue posible su detección empleando medios de cultivo, por lo que se asumió que el lago era un ambiente libre de microorganismos, debido a su reciente formación. Fue hasta 2015, que unos investigadores de Italia reportaron la presencia de bacterias con la capacidad de generar energía a partir de compuestos inorgánicos de azufre, como previamente se había considerado por los vulcanólogos. Este hallazgo fue posible gracias al desarrollo de técnicas microbiológicas basadas en el estudio

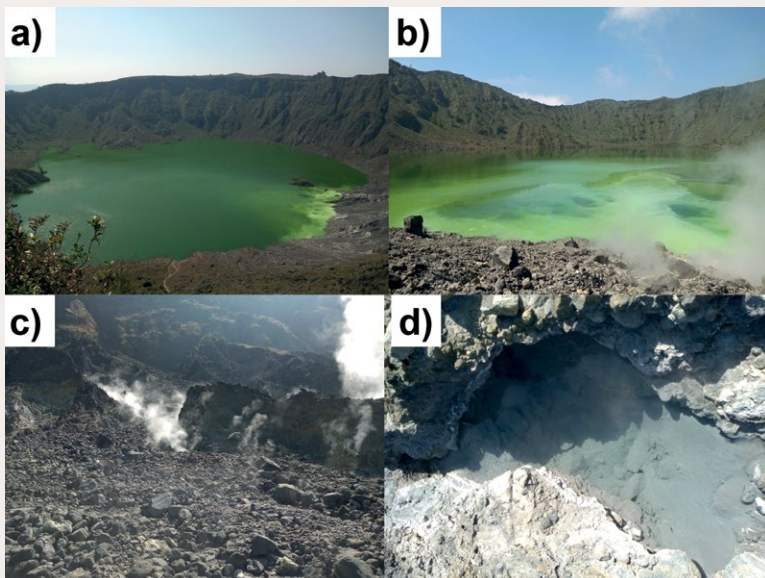


Figura 2. . Fotografías del volcán “El Chichón”: a) vista panorámica de lago, b) acercamiento a la orilla del lago, c) campo de fumarolas y d) sedimentos cerca de las fumarolas.

de la secuencia de nucleótidos de determinadas regiones del ADN en muestras ambientales, como las aguas y sedimentos de este volcán. Es decir, una técnica que permite diferenciar a los microorganismos o grupos de microorganismos en función de características únicas, empleando como molde el ácido desoxirribonucleico (ADN), la molécula que almacena la información genética en un organismo.

A partir de ese año, se comenzó con la exploración de la microbiología del lago. Desde entonces, diversos estudios en el lago han revelado la presencia de bacterias, arqueas, hongos y microalgas, y ahora que conocemos quiénes son por sus huellas de ADN, y podemos cultivarlas adecuadamente.

¿Cómo estudiamos a los microorganismos en el lago cratérico “El Chichón”?

Como primer paso, llegamos al sitio de estudio: el lago del volcán activo “El Chichón” (Figura 2a). Realizamos una exploración en la parte perimetral del lago y medimos el pH y temperatura, principalmente. Empleando material estéril, colectamos muestras de sedimentos y agua en los sitios de interés, y tratando de evitar que éstas se contaminen las transportamos al laboratorio. Adicionalmente, algunas muestras son colocadas en medios

de cultivo, es decir, en un frasco con líquido que contiene los nutrientes necesarios para el crecimiento de los microorganismos de interés, y poder conocer sus capacidades metabólicas más a detalle en estudios futuros. Es decir, dar luz al conjunto de reacciones químicas que tienen lugar en las células para convertir los alimentos en energía.

¿Qué sabemos de los microorganismos que viven en el lago de un volcán activo?

Los microorganismos, al igual que las personas, pueden vivir bajo diferentes condiciones ambientales, sólo que los microorganismos toleran mayores rangos de temperatura o presión que los humanos. Por ejemplo, existen personas que prefieren climas fríos, otras templado, y hay quienes prefieren climas calurosos. Lo mismo pasa con las bacterias del lago cratérico “El Chichón”, sin embargo, el lago puede tener una temperatura de hasta 90°C en ciertas zonas. Así, algunos microorganismos prefieren vivir en temperaturas

cercanas a 40°C, otros a los 60°C y algunos más extremos que viven zonas con temperaturas cercanas a las de ebullición del agua, es decir, 100°C. Estas zonas extremas se generan por un campo de fumarolas en la zona más activa del cráter, y es aquí donde hemos detectado las temperaturas más elevadas (Figura 2b, 2c y 2d).

Los microbios que viven en el lago volcánico “El Chichón” y en otros lagos volcánicos alrededor del mundo, han demostrado capacidades impresionantes,

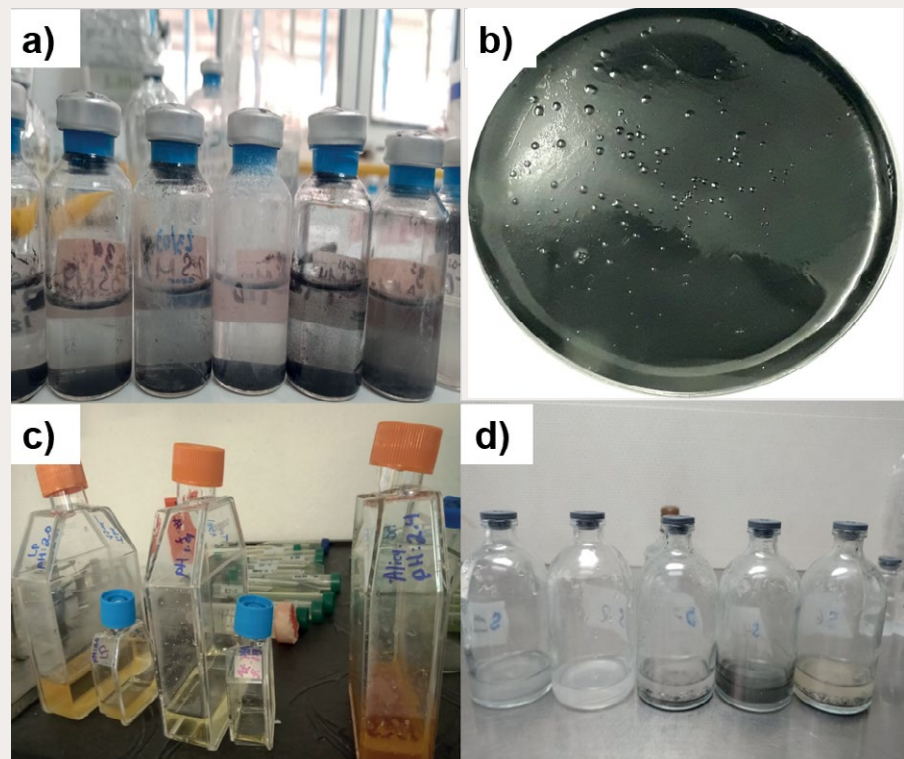


Figura 3. Estudios en el laboratorio de microorganismos del lago en el volcán “El Chichón”: a) viales con medio anaerobio para el crecimiento de microorganismos, b) placa de agar para el crecimiento de microorganismos, los puntos denotan bacterias aisladas del lago, c) botellas con crecimiento de microorganismos oxidantes de hierro del lago y d) cultivos líquidos para enriquecimiento de bacterias oxidadoras de azufre.

ya que se pueden alimentarse de diferentes compuestos con carbono, azufre, hierro, e incluso con algunos elementos considerados potencialmente tóxicos como el arsénico. Los principales microorganismos que hemos encontrado en este tipo de lagos son bacterias y arqueas, y de acuerdo con los estudios, éstas se alimentan de los componentes químicos presentes en el lago. Por ejemplo, algunos microorganismos tienen la capacidad de utilizar el dióxido de carbono (CO_2) como fuente de energía o de carbono para satisfacer sus necesidades fisiológicas, es decir, aprovechan uno de los principales gases volcánicos. También, una de las principales características de ambientes volcánicos, es la presencia de altas cantidades de azufre, por lo que se espera que los microorganismos presentes en los lagos volcánicos usen este elemento como alimento o para respirar. Así, hemos encontrado microorganismos que se alimentan de azufre en el lago "El Chichón", o que respiran compuestos de azufre como el sulfato (SO_4^{2-}) (bacterias del género *Desulfotomaculum*) (Figura 3a y 3b), ya que, en su mayoría, estos microorganismos son anaerobios, es decir, viven en ausencia de oxígeno (O_2), como es el caso de las "bacterias sulfato reductoras". Otro elemento comúnmente utilizado por los microorganismos es el hierro como miembros del género *Alicyclobacillus* (Figura 3c). Este elemento es utilizado como alimento y parte de la respiración de algunas bacterias, como es el caso de *Acidithiobacillus ferrooxidans*, una bacteria especialista en oxidar hierro, mientras otras oxidan azufre (Figura 3d).

¿Porque estudiamos los microorganismos de los lagos cratéricos?

La capacidad de los microorganismos para usar diferentes compuestos químicos presentes en el lago, sugieren una contribución a las características del mismo. Con ello, los microorganismos son un componente importante en estos ambientes volcánicos. El interés de cultivar microorganismos de estos

lagos radica en el beneficio que pueden tener en la agricultura, biorremediación ambiental e incluso en la búsqueda de vida en diferentes cuerpos planetarios. Así, algunos microorganismos aislados del lago volcánico "El Chichón" tienen la capacidad de producir compuestos químicos que combaten hongos fitopatógenos que generan enfermedades a las plantas, provocando un impacto positivo en la agricultura.

Por otro lado, empleando medios de cultivos con azufre y libres de O_2 , se han obtenido bacterias sulfato reductoras, las cuales pueden ser empleadas para limpiar sitios contaminados con elementos tóxicos. Estos mismos microorganismos han servido de modelo en la astrobiología, es decir, en el estudio del origen, evolución y distribución de la vida en el universo. En este sentido, en el sistema solar existen cuerpos planetarios que tiene muchos volcanes, como la luna Io de Júpiter. En una de las observaciones de la nave espacial Galileo, se detectó la presencia de azufre. Adicionalmente, esta luna presenta variaciones de temperaturas extremas que van desde -130°C hasta los 2000°C . Esto sugiere, que de haber vida microbiana en Io, probablemente serían microorganismos que respiren compuesto azufrados como las bacterias sulfato reductoras o que tengan la capacidad de usar diferentes compuestos de azufre, todo ello viviendo en condiciones extremas, como las que se presentan en los ambientes volcánicos (Figura 4).

Conclusiones

Los lagos presentes dentro del cráter de un volcán activo son sitios extraordinarios desde una perspectiva geológica y biológica. El lago volcánico "El Chichón", 40 años después de su formación, sigue comportándose como un sistema ácido térmico rico en azufre. Actualmente, tenemos una visión acerca del componente microbiano de este lago, sin embargo, aún queda mucho por descubrir, como por ejemplo, las diferentes capacidades metabólicas de sus microbios, así como sus estrategias que les permiten vivir en condiciones tan extremas, las cuales pueden ser usadas en un futuro en diferentes procesos biotecnológicos.

Referencias

- Armienta, M. A., De la Cruz-Reyna, S., & Macías, J. L. (2000). Chemical characteristics of the crater lakes of Popocatepetl, El Chichon, and Nevado de Toluca volcanoes, Mexico. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 97(1-4), 105-125. doi:10.1016/s0377-0273(99)00157-2.
- Peña-Ocaña, BA., Ovando-Ovando, Cl., Puente-Sánchez, F., Tamames, J., Servín-Garcidueñas, LE., González-Toril E., et al. 2022. Metagenomic and metabolic analyses of poly-extreme microbiome from an active crater volcano lake. *Environ Res* 203:111862. doi: 10.1016/j.envres.2021.111862.
- Pikuta, EV. and Hoover, RB. 2003. "Sulfate- and sulfur-reducing bacteria as Terrestrial analogs for microbial life on Jupiter's satellite Io", In *Instruments, Methods, and Missions for Astrobiology IV* (Eds. R. B. Hoover, A. Rosanov, and R. Paepe) Proc. SPIE, 4495, 232-254, 2002. doi: 10.1117/12.492485.

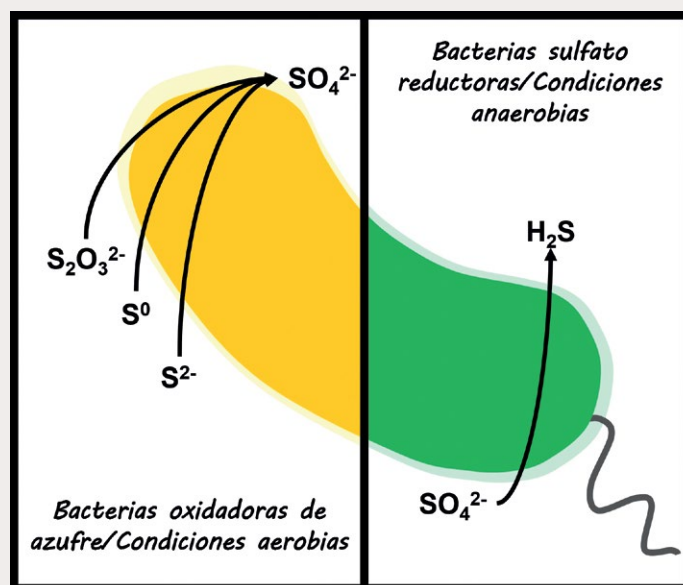


Figura 4. Modelo del metabolismo del azufre en las bacterias encontradas en el lago del volcán "El Chichón". Se presentan en el lado derecho el modelo de las bacterias que oxidan compuestos de azufre en condiciones aerobias. En el lado izquierdo se presenta el modelo de reducción de sulfato en condiciones anaerobias. $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$: tiosulfato; S^0 : azufre elemental; S^{2-} : sulfuro; SO_4^{2-} : sulfato y H_2S : sulfuro de hidrógeno.

UNA MANITA DE GALLINA A LA MINERÍA

Martínez Castrejón Mariana¹; López Díaz Jazmin Alaide²; Hernández Flores Giovanni³*

¹Centro de Ciencias de Desarrollo Regional, Universidad Autónoma de Guerrero, Privada de Laurel No. 13, Col. El Roble, Acapulco C.P. 39640, México.

²Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero, Gran vía Tropical No 20, Fracc. Las Playas, Acapulco 39390, México

³CONACYT-Escuela Superior de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero, Ex hacienda San Juan Bautista s/n, Taxco el Viejo, Guerrero, C.P. 40323, México.

*ghernandez@conacyt.mx; ghernandez@uagro.mx

Palabras clave: Calidad del agua; Cascarón de huevo; Drenaje ácido de mina; Metales pesados potencialmente tóxicos; Minería.

Introducción

El cascarón de huevo (*CAS-HUE*) de gallina es un residuo doméstico e industrial que presenta un elevado contenido de carbonato de calcio (CaCO_3), un compuesto químico que tiene la capacidad de disminuir o anular el efecto corrosivo generado por un ácido. Las rocas calizas también están compuestas a base de CaCO_3 y por su capacidad de neutralizar ácidos, se han propuesto para tratar "drenaje ácido de mina" –un residuo contaminante líquido y peligroso, generado por la industria de la minería–. Desafortunadamente, el uso de calizas compromete la explotación de estas rocas alterando el equilibrio ecológico y el paisaje. Por el contrario, el uso de *CAS-HUE* permite establecer un proceso similar –desde el punto de vista químico y ambiental–, por lo que este residuo de cocina puede presentarse como una solución para la remediación de drenaje ácido de mina (*DAM*). El uso de *CAS-HUE* para tratar *DAM* representa una solución basada en la naturaleza que contribuye con la preservación y restauración del medio ambiente y por ende del equilibrio ecológico. Así, el *CAS-HUE* es una opción interesante para reemplazar las calizas en el tratamiento del *DAM*.

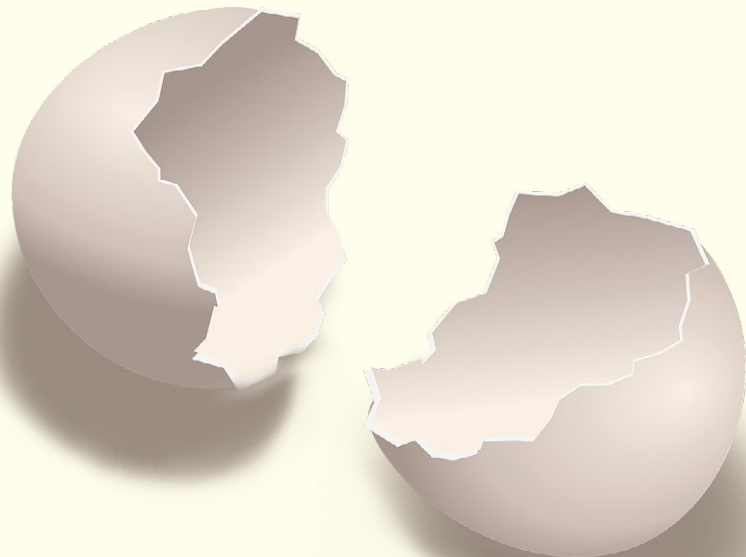


Imagen de Ciker-Free-Vector-Images en Pixabay.

Los minerales son parte de la historia y de nuestro día a día

El uso de minerales por los humanos es una actividad muy antigua, como lo muestra su registro histórico evolutivo. La división de la prehistoria fue establecida en función de minerales –la edad de piedra, la edad de bronce y la edad de hierro– y eso no fue obra de la casualidad. Los primeros habitantes de los cuales hay registro observaron que algunas rocas poseían propiedades físicas especiales capaces de soportar fuertes impactos sin sufrir daño alguno, o que era posible darles formas específicas como para convertirlos en armas para la cacería o utensilios de cocina –estaban haciendo uso de minerales– (Canet Miquel y Camprubí i Cano, 2006). Con el paso de los siglos, la humanidad asoció claramente la dependencia del desarrollo tecnológico con el uso de minerales. Hoy en día los minerales metálicos siguen siendo una parte fundamental para el desarrollo de la sociedad y la tecnología. Su uso no se limita a la elaboración de joyas, sino que va más allá y los podemos encontrar –a pesar de no verlos directamente– en herramientas, vehículos, baterías, aparatos eléctricos y electrónicos, armas, entre muchas otras aplicaciones. Sin embargo, “no todo lo que brilla es oro”, lamentablemente está completamente demostrado que la explotación de minerales metálicos provoca severos impactos negativos socioambientales. A pesar de los efectos negativos conocidos por la minería, esta actividad es indispensable como fuente de abastecimiento de materias primas metálicas y fortalecimiento de la economía; es decir, seguirá llevándose a cabo.

Drenaje ácido de mina: la base perfecta para un "cóctel" de metales potencialmente tóxicos

En el caso de la extracción de minerales de tipo metálico como el oro, plata, cobre, hierro, plomo, entre otros metales, su explotación provoca la generación de uno de los residuos líquidos más peligrosos a nivel mundial para los ecosistemas: un agua ácida comúnmente conocida como DAM. Este residuo minero provoca la contaminación de suelos y principalmente del agua que corre por los ríos cuando se mezcla con este peligroso residuo. El DAM presenta un valor de acidez inferior a un pH de 4, algo así como la acidez del vinagre -pH 3- e incluso como la acidez de un limón -pH 2- (Figura 1). Sin embargo, a diferencia del vinagre o el jugo de limón, el DAM contiene una elevada concentración de un grupo de elementos químicos conocidos como metales pesados. Los metales pesados más conocidos son plomo (Pb), cobre (Cu), cromo (Cr), mercurio (Hg), cinc (Zn), cadmio (Cd), hierro (Fe) y uno que otro metaloide como el arsénico (As), considerados tóxicos e incluso mortales para plantas, animales y por supuesto, para la salud de la sociedad (Vélez-Pérez y colaboradores, 2020). El DAM y los metales pesados que contiene pueden generarse a partir de tres diferentes fuentes: 1) rocas trituradas -jales mineros-, sin valor económico para la industria minera porque son el desecho de la extracción de los minerales de interés -ejemplos: oro y plata-, 2) de rocas expuestas al aire y humedad en el interior de minas y, 3) rocas que se rompen naturalmente y que en su interior contienen minerales capaces de descomponerse y propiciar la liberación de este tipo de elementos químicos.

La acidez del DAM favorece que los metales pesados que originalmente se encontraban en forma sólida puedan cambiar de fase sólida a líquida al disolverlos. Es aquí donde el DAM se convierte en un problema serio de contaminación. No es lo mismo tener una pieza metálica sólida de 1 g en un litro de agua bebible a tener 10 mg metálicos disueltos en ese litro de agua -el riesgo a la salud es muy

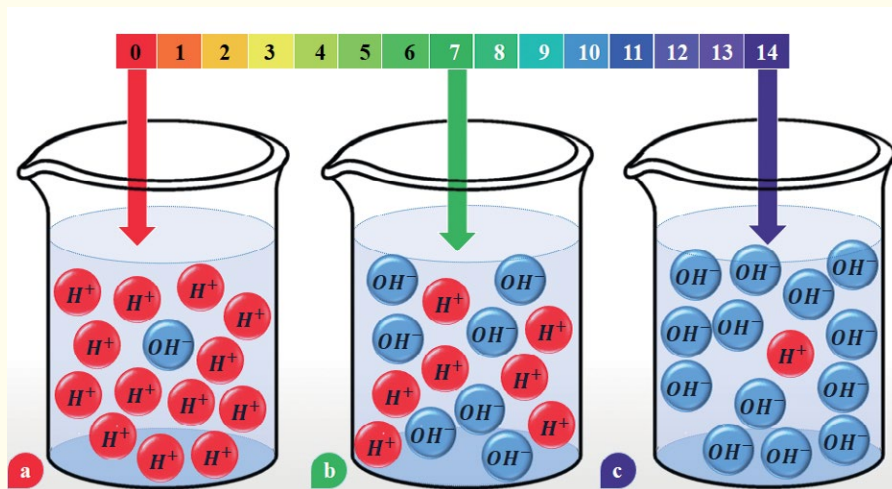


Figura 1. El pH. Comúnmente se le define como el potencial de hidrógeno y mide la cantidad de iones H^+ libres presentes en el agua. Sin embargo, expresado en otras palabras, el pH es una medida del grado de acidez o basicidad que presenta un medio acuoso y se mide en una escala que va de 0 a 14. a) El valor más ácido de esta escala está representado por un valor de cero (en este valor, la cantidad de iones H^+ libres presentes en el agua es la máxima), mientras que, b) el valor de 7 indica la neutralidad y solo se registra para agua pura (el agua pura es difícil de encontrar naturalmente). Por otro lado, c) el valor más básico tiene un valor de 14 (en este valor, la cantidad de iones H^+ libres presentes en el agua es la mínima). Todas las sustancias que presentan un valor de pH menor a siete son consideradas sustancias ácidas, mientras que aquellas que presenten un valor de pH superior a 7 son consideradas sustancias básicas. El pH no tiene unidades de medición.

distinto-. En este ejemplo, la segunda cantidad -10 mg- parece mayor, pero en realidad las unidades de concentración señalan que el segundo valor es una concentración 100 veces más pequeña con respecto al primer valor -1 g-. Sin embargo, las apariencias engañan, la concentración es considerablemente menor, pero el riesgo que representa es muchísimo mayor para la persona que ingiera el litro de agua con metales disueltos en ella. Esto se debe a que los metales se encuentran formando parte del agua que se beberá mientras que la placa metálica sólida fácilmente puede ser identificada y separada del agua evitando ingerir los metales. Los metales pesados pueden encontrarse en una solución acuosa en una menor concentración, pero formando parte del agua (no detectable a simple vista), esto los convierte en asesinos silenciosos. Por esta razón también se les llega a conocer como metales pesados potencialmente tóxicos si llegan a ser consumidos. Este es el caso de los metales pesados presentes en el DAM. No se ven porque están disueltos en el agua, pero están ahí y pueden incorporarse a la cadena trófica (comúnmente conocida como cadena alimenticia y es el orden natural de transferencia de nutrientes y energía entre organismos productores -por ejemplo plantas- y organismos consumidores -como bacterias, hongos, levaduras, animales y humanos-) causando toxicidad -efectos negativos por contacto o consumo, sobre la salud de un organismo; entiéndase por organismos a bacterias, hongos, plantas, animales y por supuesto a los humanos-.

El uso de las calizas para dar un tratamiento natural al drenaje ácido de mina

Algunas zonas mineras se caracterizan por poseer un tipo de rocas llamadas calizas y dolomitas, capaces de realizar un efecto de atenuación o tratamiento natural del DAM generado por la minería. Sin embargo, no todas las regiones mineras son afortunadas y poseen este tipo de rocas que disminuyen de manera natural el grado de contaminación por DAM. Las rocas calizas en particular se caracterizan porque su composición principal es a base de un mineral llamado calcita, conocido también químicamente como carbonato de calcio ($CaCO_3$). Este mineral es un compuesto "amigo" para la minería debido a que representa una opción de tratamiento para el DAM por su capacidad de favorecer un efecto de neutralización en soluciones acuosas ácidas. El $CaCO_3$ en presencia de un ácido fuerte (como puede ser considerado el DAM) genera una reacción

de efervescencia desprendiendo dióxido de carbono (CO_2), agua y calcio. Es importante recordar que – en geología–, una prueba de campo sencilla para identificar rocas calizas es aplicando unas gotas de un ácido fuerte como el ácido clorhídrico (HCl) sobre alguna roca de interés (Figura 2a). Si se observa un fenómeno de efervescencia intenso indica que se trata de una roca caliza. Por otro lado, el burbujeo o mezclado del CO_2 en agua favorece la formación de ácido carbónico (H_2CO_3), un ácido débil (Figura 2b). Finalmente, este ácido débil también tiene la capacidad de separar la molécula de CaCO_3 no con la misma fuerza que un ácido fuerte, pero si logra desintegrar la molécula en dos iones (un ion es una partícula cargada eléctricamente): bicarbonato (HCO_3^-) y Ca^{2+} (Figura 2b). Estas tres reacciones se llevan a cabo en simultáneo entre el DAM y el CaCO_3 y son las principales reacciones que se favorecen para desencadenar un tratamiento para el DAM. El ion HCO_3^- es uno de los dos principales iones que forma parte del sistema de carbonatos, responsables de otorgar una propiedad importante al agua, la alcalinidad. Entonces, la interacción de un ácido como el DAM con CaCO_3 genera que el pH del DAM se incremente considerablemente. Este simple hecho favorece la transformación de los iones metálicos que se encuentran disueltos en metales sólidos y la solución acuosa adquiere alcalinidad y una menor concentración de metales pesados en el líquido. Es decir, el CaCO_3 tiene el poder de eliminar a los metales pesados potencialmente tóxicos de un medio acuoso haciéndolos visibles al convertirlos en metales sólidos y fácilmente separables.

Cascarón de huevo, el sustituto ideal para reemplazar las calizas en el tratamiento del drenaje ácido de mina

Estudios de la composición del CAS-HUE demuestran que aproximadamente un 95% del CAS-HUE es CaCO_3 . A nivel internacional, el huevo de gallina es uno de los productos principales considerados dentro de la canasta básica. China, Estados Unidos de América y la India,

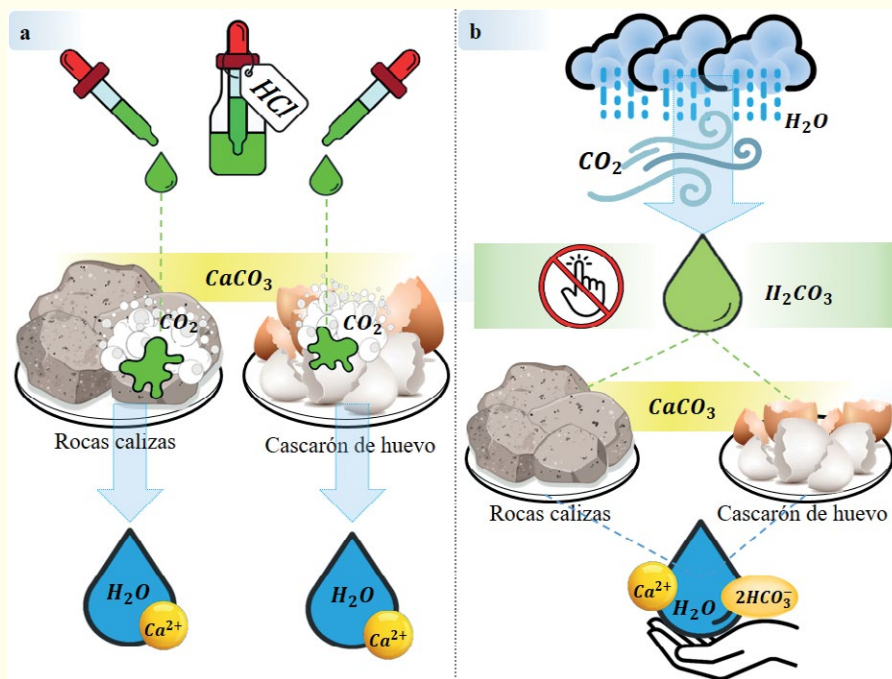


Figura 2. Esta imagen muestra el rompimiento del carbonato de calcio (principal componente de las rocas calizas y el cascara de huevo) por dos diferentes métodos y sus respectivos productos. En la figura a) el rompimiento del carbonato de calcio es empleando un ácido fuerte como el ácido clorhídrico sobre rocas calizas o cascara de huevo. Esta reacción provoca una efervescencia intensa desprendiendo dióxido de carbono gaseoso y agua con un elevado contenido de calcio en su composición. La figura b) representa la formación natural de lluvia ácida en forma de ácido carbónico (un ácido débil) por la combinación del agua de lluvia con el dióxido de carbono atmosférico. Cuando esta lluvia ácida cae sobre las rocas calizas genera un efecto lento de desintegración y los componentes de la roca se incorporan al agua como calcio y bicarbonatos. La presencia de bicarbonatos en el agua otorga un poder especial para prevenir una acidificación brusca del agua. Este mismo fenómeno observado entre la lluvia ácida y rocas calizas, es el mismo que se presentará si la lluvia ácida precipita sobre cascara de huevo.

en el orden mencionado, son los principales productores de huevo de gallina en el mundo. México también tiene lo suyo –y no canta mal las rancheras–, nuestro país al igual que Japón, Rusia y Brasil ocupan la cuarta posición en producción de huevo de gallina. Sin embargo, México ocupa la primera posición a nivel internacional como consumidor del huevo de gallina con 23 kg de huevos de gallina por persona anualmente. Se estima que el CAS-HUE representa aproximadamente el 10% del peso total del huevo de gallina, dicho de otra manera, anualmente cada persona genera 2.3 kg de residuos de CAS-HUE (Ramírez Nava, 2019).

En el municipio de Taxco de Alarcón, en Guerrero, se ha venido desarrollando una investigación para reutilizar los residuos de CAS-HUE para tratar DAM real. Los resultados encontrados han sido muy alentadores. Martínez-Castrejón y colaboradores (2022) reportaron el tratamiento de DAM con un pH de 2.5 y con metales como cadmio (Cd), zinc (Zn), hierro (Fe), aluminio (Al) y arsénico (As) en concentraciones superiores a la NOM-001-SEMARNAT-2021 (norma oficial mexicana que establece los lineamientos para poder descargar agua de las diferentes actividades humanas en ríos, lagos, zonas marinas y otros sitios naturales con la finalidad de conservar la buena calidad de los sitios donde se descarga el agua residual). Los investigadores determinaron que mezclando una masa de 5 g de CAS-HUE pulverizado hasta un tamaño de partícula fina (< 0.063 mm) en un 1 litro de DAM en un tiempo de 3 horas y sin agitación se logra elevar el pH hasta un valor de $\text{pH} > 6$. Al mismo tiempo, la nueva solución acuosa logra adquirir una alcalinidad de 124 mg de CaCO_3/L . Los autores también observaron una importante remoción parcial de la mayoría de los metales pesados identificados inicialmente y regulados por la NOM-001-SEMARNAT-2021 y otros no considerados por la normatividad aplicable, con

excepción del Fe y Al, los cuales fueron removidos en su totalidad gracias a la acción del CAS-HUE. También observaron que se podía incrementar el pH aún más si permitían un mayor tiempo de interacción entre el CAS-HUE y el DAM. Se logró alcanzar un pH de hasta 6.81 en tiempo de 11 días bajo las mismas condiciones de operación descritas. Estos y otros resultados favorables reportados por Martínez-Castrejón y colaboradores (2022), demuestran el potencial para disminuir el grado de contaminación generado por el DAM empleando CAS-HUE –un residuo doméstico–, pero sobre todo para elevar el pH y evitar que este grado de acidez afecte una gran cantidad de ecosistemas terrestres y acuáticos (Figura 3).

Usar CAS-HUE en lugar de rocas calizas presenta varias grandes ventajas enlistadas a continuación:

- La disposición de esta materia prima no depende de la geología de la región como sucede con las rocas calizas;
- Contribuye con disminuir el impacto ecológico ocasionado por la explotación de calizas para tratamiento de DAM;
- Es una solución basada en la naturaleza, simula procesos que ocurren de manera natural en regiones ricas en rocas calizas;
- Revaloriza el CAS-HUE y lo inserta dentro de la cadena productiva como materia prima para contribuir con restauración de la calidad del agua;
- El uso de CAS-HUE contribuye con la preservación del equilibrio ecológico;
- Finalmente, contribuye dándole una manita de gallina a la minería.



Figura 3. El cascarón de huevo de gallina presenta la misma composición química que las rocas calizas (carbonato de calcio). El cascarón de huevo es un residuo de los hogares y empresas que emplean el huevo de gallina que podría ser reutilizado para contribuir a descontaminar el drenaje ácido de mina y prevenir la contaminación de arroyos o ríos que sirven como fuente de abastecimiento para pobladores o simplemente para prevenir la contaminación de sitios donde plantas y peces habitan. El cascarón de huevo representa una alternativa ambientalmente amigable para la industria de la minería y debería ser tomado en cuenta como material para plantear propuestas de remediación. El uso de este residuo con fines ambientales permite su valorización.

Mineral: Es un compuesto sólido inorgánico que se forma en la tierra naturalmente, tiene estructura tridimensional, composición química y características físicas bien definidas. Por inorgánico entiéndase que es un compuesto formado principalmente por metales y no metales y que no presenta en su estructura química enlaces carbono-hidrógeno. Las rocas que forman el planeta están hechas a base de varios minerales. Algunas rocas como las calizas están compuestas principalmente de un solo mineral, la calcita, mineral de CaCO_3 formado por calcio (Ca), carbono (C) y oxígeno (O). Sin embargo, otros minerales contienen elementos químicos que son de interés económico, como el oro, la plata y el cobre. Estos minerales, con algo de suerte, también pueden encontrarse como elementos nativos, es decir, en estado puro.

Alcalinidad: La alcalinidad del agua es una medida que ayuda a conocer si el agua tiene la capacidad de mantener su pH con poca variación a pesar de agregar de manera intencionada un ácido o una base. El poder de prevenir el cambio de pH en una solución acuosa está medido en función del contenido de iones carbonatos (CO_3^{2-}) y bicarbonatos (HCO_3^-), principalmente. Estos son los principales iones encargados de secuestrar a los protones (H^+) liberados por el ácido o los iones hidróxidos (OH^-) liberados por una base cuando se agregan de manera intencionada. Por esta razón, el valor de alcalinidad se reporta como mg de CaCO_3/L . Entre más elevado sea el valor medido de alcalinidad, mayor será la resistencia que presentará el agua analizada para que ocurra cambio de pH cuando se le agregue un ácido o una base.

Referencias

- Canet Miquel, C. y Camprubí i Cano, A. (2006). Yacimientos minerales: los tesoros de la Tierra. México: Fondo de Cultura Económica.
- Martínez-Castrejón, M., Ramírez-Nava, J., López-Díaz, J. A., Talavera-Mendoza, O., García-Mesino, R. L., Salgado-Souto, S. A., Ramírez-Guzmán, A. H., Sarmiento-Villagrana, A. y Hernández-Flores G. (2022). Acid mine drainage treatment using chicken eggshell waste: Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 38, 431-447. <https://doi.org/10.20937/RICA.54409>
- Ramírez Nava, J. (2019). Cascarón de huevo como alternativa sostenible para neutralizar y remover metales pesados en drenaje ácido de mina. (Tesis de Licenciatura). Escuela Superior de Ciencias de la Tierra (ESCT). Taxco de Alarcón, Guerrero, México.
- Vélez-Pérez, L.S., Ramírez-Nava, J., Hernández-Flores, G., Talavera-Mendoza, O., Escamilla-Alvarado, C., Poggi-Varaldo, H.M., Solorza-Feria, O. y López-Díaz, J.A. (2020). Industrial acid mine drainage and municipal wastewater co-treatment by dual-chamber microbial fuel cells: International Journal of Hydrogen Energy, 45, 13757-13766. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.12.037>

¡REFORESTEMOS!... ¿UN PASTIZAL NATURAL?

Rubén Ortega-Álvarez^{1*}, Leopoldo D. Vázquez-Reyes², Rafael Calderón-Parra³, Irene Ruvalcaba-Ortega⁴ y Brigada de Monitoreo Biológico Milpa Alta⁵

¹Investigadoras e Investigadores por México del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), Dirección Regional Occidente, México

²Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Avenida de los Barrios #1, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla de Baz, Estado de México 54090, México

³Av. La Garita Andador 17 # 22 Casa 3, Col. Narciso Mendoza Villa Coapa, Alcaldía Tlalpan, Ciudad de México, 14390, México

⁴Universidad Autónoma de Nuevo León - Facultad de Ciencias Biológicas, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México

⁵Por la Brigada de Monitoreo Biológico Milpa Alta participan Nancy Garduño, Magdalena García, Yuridia Martínez, Rocío Vásquez, Agustín Martínez, Gabriel Martínez, Ulises Martínez, Fredy Martínez, Delfino García, Josué Martínez y Marcos Vargas, de San Pablo Oztotepec, Milpa Alta, Ciudad de México, México

* rubenortega.al@gmail.com



Figura 1. Pastizales naturales en Parres, Tlalpan, Ciudad de México (foto: Leopoldo D. Vázquez-Reyes.)

Sí, es alarmante la situación ambiental que estamos viviendo en todo el planeta. Las actividades agrícolas y ganaderas de las que dependemos, así como el crecimiento de los asentamientos humanos donde vivimos, están acabando con los bosques, esas superficies arboladas que nos brindan madera, alimento, agua, oxígeno y espacios vitales para la recreación. Además, sin darnos cuenta, ponemos en riesgo las complejas relaciones que ocurren entre los seres vivos, como aquellas vinculadas con la dispersión de semillas, la polinización y el ciclaje de nutrientes, aun cuando nuestra propia existencia depende de ello. Ante este dramático escenario, no basta con proteger los bosques que todavía tenemos: hace falta sembrarlos. Así, la reforestación destaca como una de las medidas necesarias para recuperar los espacios arbolados y su vida silvestre asociada. Sin embargo, ¿siempre es adecuada una reforestación?

Solemos considerar a los árboles como un componente inseparable de un paisaje natural. A pesar de ello, debemos recordar que no todos los ecosistemas cuentan con vegetación arbórea. Pensemos por ejemplo en un desierto, donde predominan arbustos espinosos, cactus y otras plantas de tamaños reducidos adaptadas a una precipitación escasa y temperaturas extremas. Los desiertos son ecosistemas al igual que un bosque, ¡pero sin árboles! Entonces, ¿por qué querríamos introducirlos? Los pastizales naturales se encuentran en una situación similar: en ellos, los árboles son muy escasos o incluso inexistentes (Figura 1).

En México hay territorios donde los pastizales naturales dominan el paisaje. Estos ecosistemas se caracterizan por estar mayormente cubiertos con especies de pastos que son muy diferentes de aquellos que comúnmente puedes encontrar en los jardines, a orillas de los caminos o en ranchos donde se siembra forraje para el ganado. Así como hay diferentes tipos de árboles, también hay diversas variedades de pastos. Los pastizales naturales son sumamente relevantes ya que ayudan a regular el clima, capturan carbono, retienen el suelo, permiten la recarga de los mantos acuíferos y son hogar de comunidades complejas de animales, hongos, microorganismos y otras plantas. Por ejemplo, aves como el gorrión serrano y mamíferos como el zacatuche, dependen exclusivamente de estos ecosistemas, y sin ellos, simplemente desaparecerían.

El gorrión serrano, conocido en el ámbito científico como *Xenospiza baileyi*, encarna la estrecha relación que existe entre algunos animales y los pastizales naturales (Figura 2). Esta ave se alimenta, coloca sus nidos y se resguarda únicamente entre los pastos naturales que se encuentran en pequeños y escasos valles entre los bosques de zonas montañosas del centro y noroeste del país. Está tan adaptado a los pastos de tipo amacollado, también llamados zacatonales, que tiende más a correr y esconderse entre ellos que a volar para alejarse de cualquier peligro. Este gorrión no puede ser observado en ninguna otra parte del mundo y se encuentra en peligro de extinción. ¿Esta ave se beneficia de los árboles? ¡Al contrario! Entre



Figura 2. El gorrión serrano en los pastizales naturales de Parres, Tlalpan, Ciudad de México (foto: Leopoldo D. Vázquez-Reyes.)

más árboles haya en el sitio, será menos utilizado por el gorrión al no encontrar las condiciones adecuadas para su supervivencia. De esta manera, sembrar árboles en los pastizales significa perder hábitat para el gorrión serrano.

Por su parte, el zacatuche o teporingo, también conocido como *Romerolagus diazi*, es el conejo más pequeño del mundo y solo vive en los pastizales naturales que crecen en los paisajes volcánicos del centro de México (Figura 3). Se alimenta de pastos y busca refugio al interior de huecos formados por rocas. Así como el gorrión serrano, su sobrevivencia depende enteramente de la conservación de los pastizales.

Además de animales relacionados con la presencia de pastos naturales, existen plantas herbáceas que dependen de estos ecosistemas para establecerse. Normalmente son pequeñas y alcanzan poca altura, ya que las plantas grandes suelen tener problemas para vivir en sitios ubicados a gran altitud, fríos, con poca precipitación y en suelos poco profundos y rocosos presentes en diversos paisajes volcánicos de México. Así, los árboles no suelen crecer de manera adecuada en los pastizales naturales que podemos observar en estos territorios.

Ante esta situación, podemos concluir lo siguiente: ¡no todos los ecosistemas naturales son el hogar de árboles, e introducirlos en ellos puede generar problemas serios! La introducción de árboles en ambientes donde no crecen de manera natural es un proceso conocido como aforestación, y tiene como consecuencia el deterioro de las condiciones que necesitan para vivir aquellos animales y vegetales que habitan estos ecosistemas. Asimismo, condenamos a los árboles plantados, ya que difícilmente encontrarán las propiedades del suelo y del clima que requieren para crecer de forma apropiada. Entonces, ¿lograríamos el objetivo de recuperar los bosques reforestando un pastizal natural? De ninguna manera, todo lo contrario: amenazaríamos la existencia de la biodiversidad local, desperdiciaríamos la inversión económica que se requiere para llevar a cabo este tipo de acciones

y reduciríamos la aceptación social hacia la reforestación. A pesar de ello, hasta el día de hoy se promueven reforestaciones en pastizales naturales que perjudican a estos ecosistemas, al gorrión serrano, al zacatuche y a otros organismos que los habitan.



Figura 3. El zacatuche, habitante de los pastizales naturales de las montañas del centro de México (foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo.)

¿Qué debemos hacer antes de reforestar un sitio?

Te recomendamos considerar los siguientes puntos:

1. Investiga la historia del lugar. Si había árboles naturalmente, será necesario conocer de qué tipo eran para poder plantar de los mismos. Si no los había, averigua qué otras plantas existían en el sitio, ya que no necesariamente se requiere sembrar árboles para restaurar el ecosistema. Por ejemplo, en un pastizal natural, ¿podrías llevar a cabo acciones de repastización y propagar los pastos locales!
2. Busca alianzas con grupos científicos que trabajen en tu zona, ya que podrían conocer la historia del sitio y brindar sugerencias valiosas para tomar acciones adecuadas para su restauración.
3. Asesórate y colabora con habitantes locales, ya que podrían facilitar las acciones de recuperación ambiental del territorio.

¡Reforestemos de manera informada y con fundamentos científicos, ya que, de no hacerlo, podríamos generar más problemas de los que pretendemos resolver! Recuerda, cuidar la biodiversidad va más allá de las buenas intenciones. Para preservar la naturaleza, ¡el conocimiento es la herramienta correcta!

Agradecemos el permiso para utilizar las fotografías a BioPic (Biosphera Picture A.C.; biopic.com.mx) y a la Alianza Mexicana de Fotografía para la Conservación (fotografiayconservacion.org.mx). Reconocemos el apoyo brindado por CONACYT a través de la Red de Jardines Etnobiológicos.

Referencias

- Maza-Villalobos Méndez, S., Cotler Ávalos, H., Almeida-Leñero, L., Hoth, J., Steinmann, V. W., Mastretta Yanes, A., Hernández Cárdenas, R. A. 2019. Conservando el pastizal alpino mexicano. *Conocimientos, amenazas y esperanzas. Biodiversitas*, 142, 12-16.
- Ortega-Álvarez, R., Calderón-Parra, R., Martínez Molina, U., Martínez Molina, F., Martínez Molina, G., Martínez Molina, Y., Martínez Villagrán, A., Martínez Freire, J. D., Vázquez Robles, R., García Loaeza, D., Martínez García, J., García Loaeza, S., Garduño López, N. I., Sánchez-González, L. A. 2021. El Gorrión Serrano (*Xenospiza baileyi*): síntesis sobre la historia natural, estudios científicos y acciones para la conservación de un ave micro endémica de México en peligro de extinción. *Acta Zoológica Mexicana (Nueva Serie)*, 37, 1-29.
- Steinmann, V. W., Arredondo Amezcua, L., Ramírez Amezcua, Y., Maza-Villalobos Méndez, S., Hernández Cárdenas, R. A., Mastretta Yanes, A. 2019. La vegetación alpina mexicana: islas frías sobre las nubes. *Biodiversitas*, 142, 2-6.

HONGOS Y DESECHOS AGROINDUSTRIALES: ¿VILLANOS O SUPERALIADOS?

Aldo Gutiérrez, Ximena Martínez-Miranda & Martín Esqueda*

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Carretera Gustavo Enrique Astiazarán Rosas, No. 46, Col. La Victoria, CP. 83304.

*esqueda@ciad.mx

Introducción

Hoy en día el interés por los hongos y su cultivo ha aumentado notablemente. Así mismo, la tendencia a ser más responsables con nuestro entorno y dar un mejor manejo a los desechos que producimos, tratando de generar menos o de reutilizarlos. Dentro de este tipo de materiales se encuentran los residuos agrícolas, que representan recursos naturales poco utilizados y en algunos casos surgen serios problemas de disposición, por ello se buscan alternativas para convertirlos en productos útiles. De aquí la convergencia entre los hongos y los residuos agrícolas, ya que han mostrado alto potencial para el cultivo de hongos.

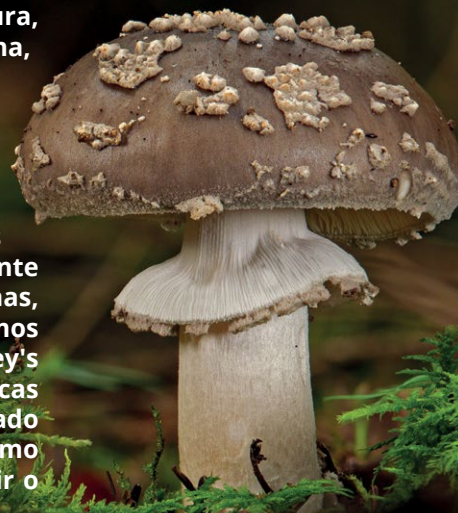
¿Sabías que los hongos están revolucionando tu vida? Descubre su sorprendente impacto

En las últimas dos décadas las investigaciones y avances en el conocimiento de los hongos, grupo de organismos pertenecientes al reino Fungi, han crecido a pasos agigantados. Desde el descubrimiento de la penicilina en 1928 por Alexander Fleming con el que se marcó el comienzo de la era de los antibióticos, el tratamiento para enfermedades hasta antes incurables determinó un parteaguas en la medicina moderna. Como consecuencia de ello, en la actualidad, para las personas en general es más común tomarlos en cuenta, ¿quién no ha visto alguna serie donde se menciona a los hongos?, como la hoy famosa "The Last of Us" en la que se habla de un escenario apocalíptico causado por un hongo llamado *Cordyceps* (actualmente *Ophiocordyceps*) o recientemente la película de "Super Mario Bros" en la que acuden a salvar el reino Champiñón. Así mismo, es cada vez más común encontrar hongos a la venta en supermercados y tiendas departamentales, menús de restaurantes y locales de comida. Con su distintivo sabor y textura, los hongos se han convertido en ingredientes versátiles en la cocina, utilizados en una amplia variedad de platos, desde ensaladas hasta sopas y platillos gourmet. Además, los hongos son una excelente fuente de nutrientes y ofrecen beneficios para la salud, lo que los convierte en una opción atractiva para aquellos que buscan una alimentación equilibrada y apetitosa.

Este reconocimiento no es casualidad, mientras más conocemos de ellos mayor utilidad y provecho encontramos. Ahora bien, durante mucho tiempo se ha culpado a los hongos como fuente de problemas, ya sea por causar enfermedades en los seres humanos, como hemos experimentado o visto en series médicas populares como "Grey's Anatomy" y "Dr. House", donde los pacientes sufren infecciones fúngicas y fallecen como consecuencia de ellas. También se les ha relacionado con la pérdida de cultivos y alimentos cosechados o procesados. Como resultado, muchas personas han experimentado temor al consumir o

incluso tocar hongos, y con justa razón. Algunos hongos pueden causar enfermedades que a veces son difíciles de tratar. Sin embargo, es importante tener en cuenta que no todos los hongos son perjudiciales y muchos son seguros tanto para el consumo humano como para uso medicinal, como es el caso de *Ganoderma*.

Aunque ha habido preocupación en el pasado, el panorama actual frente a los hongos ofrece alternativas promisorias. En la actualidad, el cultivo de hongos con el objetivo de obtener metabolitos secundarios (moléculas producto del metabolismo) con potencial uso en la industria farmacéutica es un campo amplio por explorar, lo que abre el camino a nuevas posibilidades y beneficios en la ciencia, la industria y la salud humana. Por ello, es importante buscar sustratos alternativos o extractos que favorezcan su crecimiento y desarrollo.



Residuos agroindustriales: ¿Contaminantes u optimizadores de metabolitos secundarios?

Como se mencionó en un inicio, la cantidad de desechos que generamos a nivel global es importante. Entre los principales restos orgánicos se encuentran los residuos agrícolas como hojas, raíces, tallos y pajas; los subproductos agroalimentarios como cascara o semillas de frutas y verduras, salvados y bagazos y los desechos de alimentos. Todos estos tienen potencial para ser aprovechados y reutilizados de alguna forma. Los residuos agrícolas se generan durante la cosecha de cultivos como hojas, raíces, tallos, paja, vainas de semillas y cáscaras. Su uso puede contribuir a la protección del medio ambiente al fomentar la creación de tecnologías sostenibles que transformen estos recursos. La búsqueda de materias primas baratas y fácilmente disponibles para su empleo como sustratos fermentables es un desafío importante en la biotecnología actual (Figura 1).

Cada uno de los desechos tienen características físicas y químicas únicas que determinan su potencial técnico y económico para ser reutilizados de alguna forma. En este sentido, muchos podrían servir como sustratos alternativos y los del sector vitivinícola son especialmente promisorios. La poda de vid, que es un material lignocelulósico (alto en componentes estructurales como lignina y celulosa), tiene grandes posibilidades como materia prima en procesos de cultivo debido a su composición. Pero ¿Cuál es su importancia?, en Sonora, la madera de vid es uno de los residuos agrícolas más abundantes. Los productores generalmente incineran la mayoría de este residuo y sólo incorporan una pequeña parte al suelo. Sin embargo, cultivar hongos en esta madera tiene numerosos beneficios debido a su rica composición en azúcares y compuestos susceptibles a la rápida degradación. Por ejemplo, *Ganoderma* se beneficia de este sustrato abundante en celulosa y lignina, lo que lo convierte en una excelente fuente de nutrientes para su desarrollo. Por ello, es fundamental reconocer la gran oportunidad que ofrecen los residuos en el cultivo de hongos, ya que este sector está experimentando un constante crecimiento.

Aprovechando la naturaleza: Cultivo de *Ganoderma* con residuos agrícolas para una agricultura sostenible

En todo el mundo, millones de toneladas de residuos orgánicos se acumulan cada año. Como hemos mencionado, su manejo representa un desafío ambiental y económico, pero también ofrecen una oportunidad única para plantear una solución rentable y sostenible. Por ello se propone el cultivo de hongos, ya que es un sistema que ha ganado popularidad como una forma ecológica, medioambiental y económica de reutilizar o eliminar estos residuos. *Ganoderma*, en especial, tiene capacidad para degradarlos y asimilarlos como alimento para su crecimiento. Otra manera, es aprovechar derivados o extractos de estos residuos (por ejemplo, etanólicos o acuosos) para promover el cultivo de hongos en medios convencionales, lo cual se incluye entre los objetivos de interés para optimizar su producción. De las cerca de 145 mil especies de hongos descritas sólo un pequeño porcentaje se comercializa por ser comestibles, medicinales o de utilidad industrial. En el 2020 se produjeron un poco más de 40 millones de toneladas de hongos a nivel mundial con un valor cercano a los 60 mil millones de dólares.

La optimización de la producción de metabolitos secundarios en *Ganoderma* es un área en constante evolución con diversas estrategias para mejorar la producción de compuestos bioactivos, los cuales son sustancias químicas que se encuentran en pequeñas cantidades en plantas y hongos, y que en nuestro cuerpo realizan funciones que pueden promover la buena salud, como los ácidos ganodéricos. El poder obtener beneficios al cultivar hongos con alto potencial

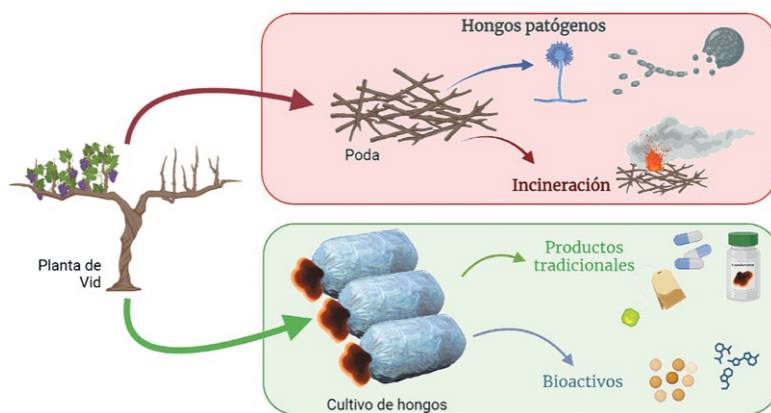


Figura 1. Uso actual y potencial de los residuos agroindustriales (Creada en Biorender.com)

médico y que además nos ayude a la disposición y reutilización de desechos agroindustriales es una estrategia de ganar ganar. Su aprovechamiento en países en vías de desarrollo e industrialmente avanzados nos indica la importancia global de este mercado. Desde el punto de vista ambiental y económico vemos que es una opción viable y atractiva. Sin embargo, no debemos perder de vista un punto muy importante: la salud. El estudio de estos bioactivos puede ayudar a tratar enfermedades difíciles como el cáncer o incluso ser alternativa en padecimientos sin cura. De igual manera, organismos como bacterias empiezan a generar resistencia a los antibióticos. Por ello, es importante continuar con la búsqueda de nuevos fármacos de origen natural, que nos ayuden a afrontar esta problemática. Sin lugar a duda, los hongos nos ofrecen un mundo de posibilidades y la utilidad que podemos obtener de ellos hasta el momento es amplia.

Biomoléculas de Valor: Innovadoras estrategias para obtener compuestos bioactivos

La comercialización de bioactivos fúngicos con fines medicinales es un mercado en auge y de gran importancia económica a nivel mundial. Se estima que hablando únicamente de hongos medicinales tienen un valor en el mercado de 24 mil millones de dólares (Figura 2). Sin embargo, el aprovechamiento casi siempre se centra en un número reducido de especies, siendo los principales géneros *Ganoderma*, *Lentinula*, *Agaricus* y *Pleurotus*. *Ganoderma* es uno de los más

valiosos debido a su alto valor nutracéutico y potencial médico. Sin embargo, debido a que los metabolitos de interés se obtienen principalmente de los cuerpos fructíferos, donde se producen las esporas y que podemos observar creciendo sobre árboles de manera natural, tienen una velocidad de crecimiento relativamente lenta, resultando difícil satisfacer los requerimientos de la industria y el comercio. Una alternativa para solventar esta problemática es la producción del hongo mediante otras técnicas como el cultivo líquido, que ha ganado importancia y utilidad en los últimos años.

El cultivo líquido ha demostrado ser una técnica ventajosa en la producción de micelio y metabolitos, especialmente en *Ganoderma*. La optimización de las condiciones de cultivo es crucial para la producción de bioactivos, buscando acelerar el crecimiento del hongo y aumentar la producción de ácidos ganodéricos. Además, los cultivos líquidos representan una alternativa prometedora para obtener grandes cantidades de bioactivos de forma rápida y fácil de controlar. Por otro lado, para la utilización de residuos agroindustriales se pueden moler y adicionar en el cultivo líquido, ofreciendo una solución ecológica para la gestión de residuos y generar ingresos adicionales a nivel industrial. En este sentido, la combinación del medio líquido con la utilización de residuos agrícolas para la producción de metabolitos secundarios se presenta como una alternativa viable para la obtención de bioactivos.

A pesar de los intentos realizados durante varias décadas, la producción de metabolitos secundarios sigue enfrentando obstáculos biológicos y de ingeniería que la limitan. Para abordar esta problemática, se han empleado diversas estrategias y el uso de elicitores o promotores de crecimiento podría ser una solución eficaz para aumentar la producción de bioactivos. Los elicitores son compuestos químicos o bioquímicos que se introducen en pequeñas concentraciones en un sistema vivo o en este caso en el cultivo para promover la biosíntesis del compuesto de interés. Para *Ganoderma* se han caracterizado más de 400 bioactivos, siendo uno de los principales los mencionados ácidos ganodéricos, valorados por sus múltiples propiedades farmacológicas entre las que se incluyen efectos antitumorales, anticancerígenos, antivirales, antioxidantes y antienvjecimiento (Figura 3). Una de las principales especies aprovechadas es *G. lucidum* cuya demanda ha aumentado a varios miles de toneladas, con un valor comercial de 4,000 millones de dólares. Se estima que existen más de 100 marcas comerciales de productos que contienen este hongo.

¿Por qué generan los hongos estos metabolitos secundarios o bioactivos? Dar respuesta a esta pregunta nos puede ayudar a enfocar nuestros esfuerzos a otras latitudes. Por ejemplo, Sonora cuenta con el registro de 50% de las especies del género *Ganoderma* conocidas para México. Los ecosistemas y las condiciones climáticas para el Estado son diversas y van de áreas desérticas muy secas-muy cálidas hasta bosques de pino con climas templados. Algunos de los ejemplares recolectados han estado sometidos a esas condiciones extremas de temperatura y humedad, donde los ácidos ganodéricos son parte de la respuesta al estrés por crecer en estos ambientes, por lo tanto, estudiar las especies



Figura 3. Beneficios medicinales de *Ganoderma* (Creada en Biorender.com).

Producción mundial de hongos

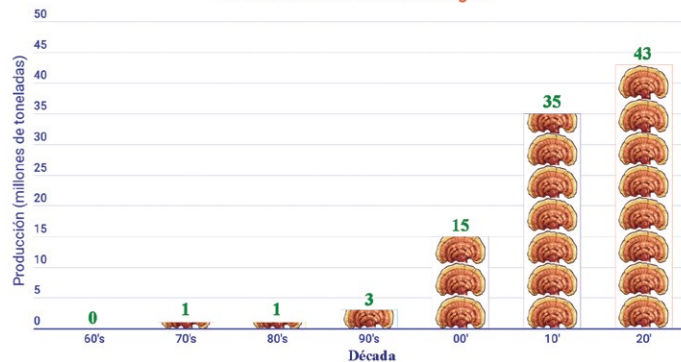


Figura 2. Incremento por el interés en los hongos comestibles y medicinales en las últimas décadas (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Base de datos FAOSTAT, 2023.)

nativas podría arrojar resultados interesantes tanto en el tipo de bioactivos como en la cantidad.

En Sonora una de sus principales actividades productivas es la agricultura, por ello también se generan residuos agroindustriales como es el caso mencionado anteriormente del desecho de la poda de uva fruta (*Vitis vinifera*). Al ser el principal productor en México y tener amplias extensiones de este cultivo, los desechos generados por su manejo rondan las 300 mil toneladas por año. Por ello, se han realizado algunas pruebas con miras a cultivar a pequeña y gran escala algunos hongos como *Lentinula*, *Pleurotus* o incluso *Ganoderma* cuyas especies muestran potencial para aprovechar este y otros subproductos hasta ahora considerado un problema, y con todo esto diversificar además la actividad económica y productiva de ambos, con los consecuentes beneficios para el ambiente y la sociedad en general.

Conclusión

Por todo lo anterior, el cultivo de especies de *Ganoderma* sobre residuos agroindustriales brinda una alternativa viable para ayudar en su disposición, mediante la reutilización y reciclaje como sustratos para la producción del hongo. Además, la optimización en la formación de cuerpos fructíferos y metabolitos secundarios en *Ganoderma* es de interés no solo para la industria, sino también para la población en general al beneficiarse en su salud y en la mejora del medio ambiente y su entorno.

“NUESTRA TIERRA”

Revista de divulgación de Ciencias Naturales

“Nuestra Tierra” es una publicación semestral de la Estación Regional del Noroeste de la Universidad Nacional Autónoma de México, con la cooperación del Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora; es un medio de difusión de Ciencias Naturales como son las Ciencias de la Tierra y las Biológicas, aunque puede cubrir otras áreas del conocimiento científico. Su objetivo es dar a conocer, de manera sencilla, artículos y/o reportajes sobre investigaciones realizadas en los campos antes mencionados, tanto en México como en otras partes del mundo, así como temas de interés general relacionados con nuestro planeta y el universo. Se sugiere que los autores de las contribuciones sean especialistas o conocedores del tema. No se aceptan, en cambio, artículos de investigación ni informes de trabajo. Esta revista está dirigida no sólo a personas con estudios universitarios, sino también a estudiantes de nivel medio superior. Por esta razón, se pide a los autores que utilicen un lenguaje ágil, claro y sencillo, aunque sin que sea coloquial, limitando los términos especializados, los cuales deben de ir seguidos de una definición corta y clara, ya sea entre paréntesis o comillas, como nota al pie de página o como un cuadro resaltado dentro del texto. Las abreviaturas o acrónimos deben de evitarse hasta donde sea posible, a menos que sean de uso y conocimiento común.

NORMAS EDITORIALES

Texto

Los artículos deberán estar escritos en español, en “Word”, con letra Times New Roman, 11 puntos, normal, a doble espacio y con márgenes de 2.5 cm. Se recomienda dividir el texto con subtítulos en negritas. Los trabajos deberán enviarse en formato de archivo DOC o RTF (Rich Text Format) con el mínimo de formato posible. El nombre del archivo deberá contener las palabras clave del título, o el tema del mismo.

Imágenes, fotografías, cuadros y figuras

Las imágenes, fotografías cuadros y figuras deben presentarse como archivos independientes, enlistarse en hojas separadas y deben ser numerados en el orden de aparición en el texto. Deberán estar en español y tener los debidos permisos de reproducción cuando no sean originales (producidos por el autor). El número de los mismos no deberá ser mayor de 5, aunque podrían aceptarse hasta 7 en los casos que así lo ameriten. Las imágenes deberán tener una resolución mínima de 300 dpi, con formato JPEG, TIFF o PDF. En el caso de que se adquieran de internet, se recomienda guardarlas con el tamaño más grande para que tengan la mayor resolución.

Los encabezados de cuadros y tablas, y los pies de figura y de foto deben tener la información suficiente para entenderse sin la ayuda del texto principal.

Se publicarán artículos en dos modalidades: 1) textos cortos, con un mínimo de ½ página impresa y un máximo de 2 páginas; 2) textos en extenso, con un mínimo de 3 y máximo de 6 cuartillas con ilustraciones. En el texto no deben incluirse agradecimientos ni dedicatorias.

Los artículos recibidos serán evaluados por el editor en jefe; si éste considera que el artículo puede publicarse, lo pasará a los editores asociados para su revisión, y los comentarios y observaciones serán regresados al autor para correcciones finales. Sin embargo, si fuera necesario hacer correcciones mayores en la versión del manuscrito enviado por primera vez, el editor en jefe enviará el artículo al autor con sus comentarios. Si fuera el caso, se rechazarán aquellos artículos que no cumplan con los objetivos de la revista o que no tengan la calidad adecuada, tanto en la escritura como en el contenido, sin ninguna responsabilidad de la revista.

Citas

En caso de incluir citas de artículos, se sugiere un máximo de 3. Se debe incluir la bibliografía al final con el siguiente formato:

Para un autor: apellido y fecha (Torres, 1997).

Para 2 citas o más de un mismo tema, separar cada cita por un punto y coma (;) y en orden cronológico: (Torres et al., 1987; Barrón, 2006).

Referencias

En el caso de recomendar alguna lectura, la referencia debe ir completa al final del texto con el siguiente formato:

a) Artículos en publicaciones periódicas

Apellido(s), Inicial(es), Año, Título: Título de la revista, volumen, número de la primera y la última página del artículo. Ejemplo:

Barrios D., 1991, El oro y la historia de Perú: Historia Latinoamericana, 100, 35-40.

b) Monografías

Apellido(s), Inicial(es), año, Título de la monografía: Lugar de publicación, editorial, número de páginas. Ejemplo:

Faure, G., 1986, Principes of Isotope Geology: New York, John Wiley, 345 pp.

c) Capítulos en volúmenes editados

Apellido(s), Inicial(es), Año, Título del capítulo, en (Apellido e iniciales del editor o editores del volumen), (ed(s).), Título del volumen editado: Lugar de publicación, editorial, número de la primera y de la última página del capítulo. Ejemplo:

De Cserna, Z., 1968 Geología, en Lorenzo, J.L., De Cserna, Z., Herrera, I. (eds.): Las Ciencias Geológicas y su perspectiva en el desarrollo de México: México, Ediciones Productividad, 41-68.

Los autores podrán enviar sus trabajos a:

Dra. Aurora M. Pat Espadas

Editora en Jefe de Nuestra Tierra

Estación Regional del Noroeste

Instituto de Geología, UNAM

Hermosillo, Sonora

nuestratierra@geologia.unam.mx

AGENDA TIERRA

Espacio dedicado a compartir los días declarados mundiales o internacionales en las asambleas de la ONU, con el objetivo de llamar la atención sobre temas importantes que promuevan el interés en la preservación de nuestro entorno natural. En esta ocasión toca el turno a los ambientes de pasto marino. El pasto marino es una planta que florece, no es alga, se encuentran en aguas someras en muchas costas alrededor del mundo, funciona como una fuente de alimento y ayuda a estabilizar la calidad del agua.

Las principales amenazas para estas praderas submarinas son la escorrentía urbana, industrial y agrícola, el cambio de uso de suelo, las actividades de navegación no reguladas y el cambio climático.

¿Qué hacer en este día? Generar conciencia sobre los ambientes de pasto marino, conocer en dónde existen, compartir fotografías, apoyar la prevalencia de los pastos marinos.

Referencia: www.unep.org

Aimée Orcí. Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Luis D, Colosio y Madrid, Hermosillo, Sonora, México. C.P. 83000.

- Día internacional de los humedales.

FEBRERO						
				2		

- Día mundial de los pastos marinos.
- Día mundial de la vida silvestre.
- Día internacional de los bosques.
- Día mundial del agua.
- Día meteorológico mundial.

MARZO						
			1		3	
	21	22	23			

- Día internacional de la madre tierra.

ABRIL						
						22

- Día internacional de la diversidad biológica.

MAYO						
	22					

- Día mundial del medio ambiente.
- Día mundial de los océanos.
- Día internacional de los trópicos.
- Día internacional de los asteroides.

JUNIO						
	5			8		
	29	30				