

LA CIENCIA Y EL HOMBRE

ECOLOGÍA Y CONSERVACIÓN

LA DIVERSIDAD MICROBIANA TORRES MORENO | BACTERIAS DEL SUELO GONZÁLEZ MURILLO Y MENDOZA HERRERA | EL GUSANO PRODUCTOR DE SEDA HERRERA CONTRERAS | EL BARRENADOR DE LAS MELIÁCEAS BARRADAS-JUANZ, DÍAZ-FLEISCHER, DORANTES-ACOSTA, MONTOYA Y PÉREZ-STAPLES | LAS CALATOLAS EN MÉXICO GUTIÉRREZ BÁEZ Y ZAMORA CRESCENCIO | LOS ÁRBOLES AL SERVICIO DEL AMBIENTE ORTEGA PINEDA Y RAMOS PRADO | MÁS ALLÁ DE UNA LÍNEA DE ÁRBOLES ZAMORA PEDRAZA Y LÓPEZ ACOSTA | RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS VELASCO PÉREZ, VIAN PÉREZ, VICENTE MARTÍNEZ Y SÁNCHEZ BAZÁN | VERMICOMPOSTAJE EN CASA ÇOTLAME SALINAS, PADILLA FLORES, MALDONA SAAVEDRA Y DOMÍNGUEZ HERRERA |
| BREVES DE CIENCIA | DISTINTAS Y DISTANTES: MUJERES EN LA CIENCIA | CURIOSIDADES CIENTÍFICAS |

CONTENIDO

LAS SECCIONES
BREVES DE CIENCIA 2 | DISTIN-
TAS Y DISTANTES 50 | **CURIOSIDA-
DES CIENTÍFICAS 56**



6

LA DIVERSIDAD MICROBIANA

Conocer algunos de los grupos más relevantes de procariotas es, además de interesante, útil para comprender cómo funciona el mundo que nos rodea.

29

LOS ÁRBOLES AL SERVICIO DEL AMBIENTE

Los sistemas agroforestales aumentan la productividad del terreno, no causan daños al ecosistema y mejoran los ingresos de los productores.



40

RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

La generación de desechos se ha disparado, propiciando la creación de mecanismos e infraestructura adecuados para su correcta disposición o confinamiento.

12 Bacterias del suelo: uso potencial en la biodegradación de hidrocarburos

18 El gusano productor de seda

22 El barrenador de las meliáceas

46 Vermicompostaje en casa: reciclando residuos orgánicos

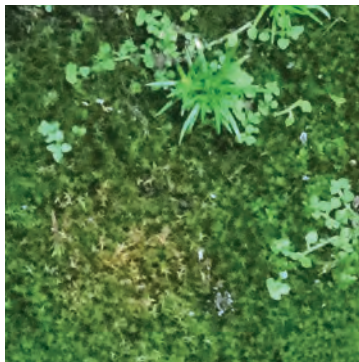


FOTO: PONTAÑA 'MUSGO' DE FRANCISCO J. COBOS PRIOR

DIRECTOR

Manuel Martínez Morales

EDITORAS ADJUNTAS

Liliana Calatayud Duhalt

Aída Pozos Villanueva

COMITÉ CONSULTIVO

Estrella Burgos

Arturo Gómez Pompa

Gastón Guzmán (†)

José de la Herrán

Agustín del Moral Tejeda

COMITÉ EDITORIAL

Adalberto Fox Rivera

Heriberto Contreras Garibay

Isabel López Zamora

Jacob Bañuelos Trejo

Lázaro Sánchez Velásquez

Maite Lascuráin Rangel

Mario Caba Vinagre

Valentina Martínez Valdés

SECRETARIO DE REDACCIÓN

Eliseo Hernández Gutiérrez

DISEÑO Y MAQUETACIÓN

Francisco Cobos Prior

Aída Pozos Villanueva

REDES SOCIALES

Katya L. Zamora Cuevas

facebook: @CienciaUV / twitter: @CienciaUV

SECRETARIO TÉCNICO

Victor Hugo Ocaña Hernández

EDITORIAL

PRESERVAR EL FUTURO

El conjunto de textos reunidos en el presente número hace suya la causa ecologista en tanto comprende estudios sobre diversos seres vivos y las relaciones que mantienen entre sí y con el medio que habitan. Asimismo, incluye trabajos que versan sobre la importancia de proteger el ambiente, a fin de conservar los recursos naturales, asegurar su existencia, mantener el equilibrio ecológico y reducir el nivel de contaminación generado por la humanidad.

Así, nos adentramos en el universo microbiano para conocer algunos de los grupos más relevantes de procariontas, lo cual nos ayuda a comprender cómo funciona el mundo que nos rodea, ya que los organismos más simples son los más abundantes y diversos en el planeta. También entramos en contacto con los géneros bacterianos *Azospirillum* y *Sphingobium*, conocidos por su versátil metabolismo y su capacidad para degradar una amplia gama de contaminantes ambientales.

Otros seres pequeños, aunque no tanto, se pasean por nuestras páginas en esta ocasión. Su visita nos enseña que las múltiples propiedades de la seda han hecho de *Bombyx mori*, el gusano que la produce, una especie cuyo valor económico y cultural se acrecienta. Por su parte, el barrenador de las meliáceas (*Hypsipyla grandella* Z.), principal plaga forestal en América Latina y el Caribe, nos deja en claro la trascendencia de generar conocimiento sobre su biología.

En lo que toca a la flora, ponemos a su disposición tres espléndidos escritos. El primero de ellos hace una descripción detallada de las calatolas. El segundo aborda los sistemas agroforestales, una opción viable para apoyar la conservación y el manejo sustentable. El tercero trata sobre los cercos vivos y su aporte a la necesaria y fructífera armonización entre agricultura, ganadería y cuidado del entorno natural.

Uno de los principales efectos adversos del desarrollo económico de las sociedades es el incremento en la generación de residuos, lo que ha dado pie al desarrollo de tecnologías para manejarlos y a la vez beneficiarse de ellos. Exponemos aquí dos trabajos al respecto, uno da a conocer las alternativas de tratamiento para residuos sólidos urbanos, mientras que el otro se centra en el reciclamiento de residuos orgánicos en el hogar, a través del vermicompostaje.

Como siempre, nuestras acostumbradas secciones aguardan por tu lectura.

ALEXITIMIA



Amor, temor, ira, alegría son algunas de las emociones que podemos expresar gracias a nuestro cerebro, característica que nos hace humanos. Sin embargo, de 8-10% de la población mundial (de sexo masculino, en su mayoría) no es capaz de expresar emoción alguna, esto se debe a un trastorno neurológico conocido como alexitimia.

El vocablo alexitimia, de origen griego, significa: ausencia de palabras para expresar las emociones. Este trastorno fue descubierto a partir del trabajo llevado a cabo con pacientes psicósomáticos, es decir, personas que sufren un malestar físico originado en el cerebro, incapaces de exponer sus molestias por medio de vocablos, haciéndolo entonces a través de diferentes manifestaciones del organismo, sobre todo en forma de enfermedades.

La alexitimia se asocia con personas que observan los siguientes rasgos: incapacidad para identificar, reconocer, nombrar o describir las emociones o sentimientos propios, con especial dificultad para hallar palabras que los definan; pobreza en la expresión verbal, mímica o gestual de las emociones o sentimientos; falta de reacción ante buenas noticias (alteración de la empatía); tendencia a recurrir a la acción para afrontar conflictos; dificultad para establecer contacto afectivo con los otros; por mencionar algunos.

Es importante destacar que no todos los pacientes presentan alexitimia en el mismo grado. Existen dos vertientes: la primaria, asociada a daños en las estructuras neurológicas vinculadas con las emociones, provocados por un tumor cerebral, por ejemplo; y la secundaria,

consecuencia de un trauma emocional grave, personalidad infantil o desorden en el aprendizaje. Asimismo, existen pruebas de que la incapacidad de expresar sentimientos puede ser un síntoma temprano de Parkinson.

La alexitimia poco aporta al éxito social, estigmatizando al sujeto que la experimenta, dado que es señalado por causar sufrimiento a los demás y la convivencia con él llega a ser muy difícil. Quien comparte su vida con un alexitímico acaso lo padezca en demasía.

Sentir y percibir emociones es importante, pues ello tiene influencia directa en nuestra toma de decisiones. Es recomendable estar alerta al notar rasgos como los descritos anteriormente; si una persona es fría e indiferente, quizá es un atributo de su personalidad, sin embargo, puede tratarse de un caso concreto de alexitimia.

¿VERDADES HISTÓRICAS?

La desaparición forzada de los 43 estudiantes de la Escuela Normal Rural de Ayotzinapa, en Guerrero, ocurrida entre la noche del 26 y la madrugada del 27 de septiembre de 2014, pasará a la historia como uno de los sucesos más oscuros de la historia de México. La versión oficial del gobierno es que los estudiantes fueron asesinados y posteriormente incinerados en un basurero en el municipio de Cocula, en la misma entidad.

Desde entonces a la fecha se ha cuestionado si realmente existió un fuego con la capacidad y duración suficientes para incinerar tal número de cuerpos de manera masiva. En este escenario de incertidumbre, la ciencia ayuda a armar un rompecabezas con los elementos que tiene a la mano. Un ejemplo reciente lo protagonizó José Torero, profesor en la Universidad de Queensland, experto en ingeniería de

seguridad contra incendios y miembro de la Real Academia de Ingeniería en el Reino Unido, quien también refutó la "verdad histórica".

Torero incineró sistemáticamente cuerpos de cerdos con un peso de 70 kg (semejante al de un hombre), requiriendo 630 kg de madera por cada uno. Es decir, para incinerar 43 cuerpos se necesitarían 27 000 kg de madera, lo que produciría tal cantidad de calor y fuego que, además, forzosamente habría dejado marcas en los troncos de los árboles cercanos, las cuales nunca aparecieron.

Como una variable del experimento, Torero incineró simultáneamente cuatro cuerpos, con el fin de saber si la grasa corporal pudo haber servido de combustible. Así, se observó que al agregar un cuerpo la intensidad del fuego disminuía. La explicación es que el cuerpo humano tiene una gran

cantidad de agua, por lo que no es buen combustible.

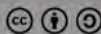
Los resultados presentados fueron cuestionados por la PGR, argumentando carencia de rigor científico y metodología. A este señalamiento se unieron incluso medios de comunicación que, sin ningún argumento sostenible, calificaron a Torero de farsante e irresponsable.

La ciencia no funciona con base en declaraciones. Para debatir los resultados del experimento de Torero se tendría que evaluar efectivamente su metodología, señalar de forma clara las posibles fallas, replicar el estudio, acreditar las variables. En otras palabras, verificar si lo dicho se puede hacer de la misma manera. El meollo de la ciencia es, precisamente, la comprobación.

Pese a todo, siguen faltando 43 estudiantes, una herida que en nuestro país sigue abierta.



#REXISTEMX 2014



BY REXISTEMX - OWN WORK, CC BY-SA 4.0, [HTTPS://COMMONS.](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=36520736)

[WIKIMEDIA.ORG/W/INDEX.PHP?CURID=36520736](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=36520736)

NOTAS BREVES ESCRITAS POR:

IVÁN DE JESÚS USCANGA USCANGA, INSTITUTO DE NEURCETOLOGÍA, UNIVERSIDAD VERACRUZANA.

CORREO: GACANUS@GMAIL.COM

VALENTINA MARTÍNEZ VALDÉS, DIRECCIÓN DE COMUNICACIÓN DE LA CIENCIA (DCC), UNIVERSIDAD VERACRUZANA.

CORREO: VAMARTINEZ@UV.MX



EL MAL DEL MUNDO MODERNO

Estados emocionales como estrés, angustia, ansiedad y depresión desencadenan en las personas lo que los psicólogos denominan trastorno afectivo, un conflicto mental en el que el humor es profundamente alterado, al grado que puede llegar a producir desorden de bipolaridad.

Las personas con este trastorno suelen tener dificultades para concentrarse, además de sufrir episodios de ansiedad y depresión. Circunstancia que las "paraliza" e imposibilita para realizar sus labores cotidianas. Quienes están más propensos a estos cambios de carácter son los habitantes de las grandes urbes, como la Ciudad de México, donde 40% de las consultas psicológicas y psiquiátricas está relacionado con trastornos afectivos. Este padecimiento afecta en mayor grado

a las personas de escasos recursos, así lo demuestran las encuestas aplicadas por el Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz, cuyos resultados mostraron mayor prevalencia de depresión y trastornos de ansiedad en esos pacientes, al parecer como resultado de la situación actual de ingobernabilidad que atraviesa el país, además de la precaria condición que impera en esta porción de la población.

Los psicólogos denuncian la alarmante cantidad de personas que minimizan el trastorno, argumentando que no es un problema de salud, sino un escenario circunstancial y pasajero. Esto provoca que no se busque ayuda profesional, probablemente por los altos costos, de manera que se prefiere acudir a un médico no especializado. De acuerdo con datos del Instituto Nacional

de Psiquiatría, entre los años 1992 y 2012, alteraciones como la depresión y la ansiedad aumentaron los intentos de suicidio de manera notable en la capital del país, donde se duplicó la tasa de eventos de 2.2 a 4.7 por cada 100 mil habitantes.

Existe gran preocupación entre los expertos debido a que el trastorno afectivo es cada vez más frecuente en niños y adolescentes, los cuales muestran síntomas claros como déficit de atención, irritabilidad, impulsividad y ansiedad.

A pesar de la evidencia sobre la magnitud de los problemas de salud mental en México, ésta es una de las áreas con mayor desigualdad en cuanto a la disponibilidad y accesibilidad de los servicios médicos.

AIRE QUE ENFERMA

La contaminación urbana afecta de diferentes maneras a los habitantes de las ciudades: no solamente irrita la garganta, aumenta los síntomas de los asmáticos o debilita los pulmones, y ahora se ha encontrado que también puede afectar al cerebro.

Científicos de Inglaterra y México analizaron una serie de muestras de cerebros, en su mayoría de personas que vivieron en la Ciudad de México, y encontraron gran cantidad de nanopartículas tóxicas, entre las que sobresale la magnetita.

Se trata de un compuesto de hierro que se forma durante la combustión del carbón. Por ejemplo, cuando un automóvil es encendido o se inicia un fuego, se forman gotas de magnetita fundida que se enfrían rápidamente y se condensan cuando son liberadas en el aire.

Las partículas de magnetita son tan minúsculas que la gente las respira en el ambiente sin darse cuenta, acumulándose en su cerebro. El riesgo es que la alta concentración de este material puede provocar estrés oxidativo e incrementar así la posibilidad de padecer enfermedades como el Alzheimer.

El estudio realizado por los científicos de ambos países también establece que las partículas de magnetita pueden responder a los campos magnéticos externos. Desde hace dos décadas que estas nanopartículas fueron halladas en el cerebro, lo que sugería un origen biológico; sin embargo, las examinadas en esta nueva investigación se formaron en un ambiente con temperatura alta, lo que puede ser resultado de la industrialización.

Dicha investigación continúa el trabajo realizado por la mexicana Lilian Calderón-Garcidueñas, quien estudió los efectos de la contaminación en los cerebros de los habitantes de la Ciudad de México. Sus resultados mostraron que, en efecto, las personas expuestas a la contaminación pueden tener cambios en su cerebro parecidos a los que sufren los pacientes con Alzheimer.

La contaminación del aire es considerada como una crisis global de salud, mata a más personas que la epidemia del sida, por lo que es necesaria más investigación para entender completamente sus efectos.

LA CLAVE DE LA EVOLUCIÓN HUMANA



La evidencia apunta a que los precursores de los simios y del ser humano surgieron en Asia. Partiendo de esta premisa, la pieza faltante del rompecabezas consiste en entender cuándo y por qué se desplazaron hacia África, lugar donde comenzaron a diversificarse hasta que algunos evolucionaron en *Homo sapiens*.

Un estudio publicado en la revista *Science* describe la exhumación, en el sur de China, de restos fósiles de primates que vivieron después de la transición Eoceno-Oligoceno, hace 34 millones de años. Durante dicha transición ocurrió una crisis climática que originó el rápido descenso de temperatura y humedad, generando condiciones inhóspitas para los antropoides, cuyas poblaciones disminuyeron considerablemente.

Los primates superaron el escenario catastrófico, prueba de ello son los fósiles referidos. Sin embargo, éstos fueron encontrados al sur del continente, donde el clima, pese a la era fría y seca, era lo suficientemente cálido para sobrevivir. Esto indicaría que, en pos de su subsistencia, los antropoides buscaron un lugar con clima favorable y recursos alimenticios, condiciones que el continente africano probablemente les ofreció.

Si no fuera por el intenso enfriamiento global acaecido durante la transición Eoceno-Oligoceno, el escenario principal de la evolución de los primates pudo ser Asia, en lugar de África. Saber cuál fue el destino de los primates asiáticos proporcionará la clave de la evolución humana, señalando la senda evolutiva que nos originó como especie.



LA DIVERSIDAD (NECESARIA Y

RAYMUNDO TORRES MORENO*



Conocer algunos de los grupos más relevantes de procariontas es, además de interesante, útil para comprender cómo funciona el mundo que nos rodea.

Los organismos más simples son los más abundantes y diversos en el planeta Tierra. Existen los conformados incluso por una sola célula, que es la unidad estructural básica de los seres vivos. Entre los organismos unicelulares encontramos a las bacterias y arqueas, que constituyen gran parte de la biomasa existente y se han adaptado extraordinariamente a todos los ambientes, desde el fondo del mar hasta el interior del cuerpo humano, razón por la cual su estudio taxonómico es de vital importancia para diversas áreas del desarrollo humano: médica, alimenticia, energética, ecológica, por mencionar algunas.

Los seres pertenecientes a los dominios o reinos bacteria y arquea, también llamados procariontas, se caracterizan por constar de una sola célula, así

D MICROBIANA Y PELIGROSA)



Las bacterias y arqueas constituyen gran parte de la biomasa existente y se han adaptado de forma extraordinaria a todos los ambientes.

como por la ausencia de un núcleo que encapsule su DNA, lo cual los diferencia de las células animales y vegetales, llamadas eucariotas, que presentan un núcleo formal. Estos dos dominios, a pesar de ser muy parecidos, se distinguen debido a su química estructural y metabólica bastante distanciada, siendo los arqueas más parecidos a las células eucariotas que a las bacterianas.

Una de las diferencias entre procariotas y eucariotas radica en que los primeros no presentan una verdadera reproducción sexual, de modo que no se pueden considerar poblaciones sexualmente aisladas. Teniendo eso en cuenta, una especie procariota se define como una colección de cepas (cultivos puros de organismos) que presentan alto grado de semejanza en una serie de rasgos independientes.

Las características que permiten clasificar a los procariotas como especie son determinadas por distintos métodos, en su mayoría pertenecientes a la microscopía, pero también se emplea el cultivo en medios selectivos, la tin-

ción, el análisis de la secuencia de RNA, entre otros. Sin embargo, hay que considerar que dicha clasificación siempre es susceptible al cambio, debido a pequeñas mutaciones genéticas que pueden causar confusión al momento de identificar algún organismo, sobre todo en las clases inferiores.

Al tratarse de grupos tan extensos no se ha logrado conocer ni estimar la totalidad de las especies procariotas existentes, pero ya se tienen registradas cerca de 7 mil y se considera que podrían existir de 100 mil a 1 millón o más distribuidas en los reinos bacteria y arquea; lo que sí se tiene por cierto, es que juntos contienen cerca de 82 phylum (o filos), rango taxonómico que sigue a los reinos y se sitúa por encima de las clases.

Cabe destacar que ninguna taxonomía existe por sí sola en la naturaleza, sino que surge de la necesidad de ordenar los organismos que el hombre conoce para facilitar su estudio. Es necesario mencionar, al respecto, que el presente artículo está basado en la clasificación propuesta en el *Manual de Bacteriología Sistemática de Bergey*.

A continuación se presenta una breve descripción de algunos de los grupos de procariotas más estudiados y de mayor interés; se revisan sus características, así como su importancia ecológica, médica y tecnológica.

DOMINIO BACTERIA

Se trata del dominio más amplio de los procariotas, en el cual se reconocen más de 80 phylum, dentro de los cuales se encuentran organismos muy variados, como habitantes comunes de la flora intestinal, algas verdes y azules, y organismos quimiolitótrofos (que pueden utilizar compuestos inorgánicos como fuentes de energía).

Proteobacterias. Como el phylum más extenso y metabólicamente diverso de entre todas las bacterias, éste cuenta con especies quimiolitótrofas, quimioorganótrofas (que utilizan compuestos orgánicos como fuente de energía) y fotótrofas (utilizan la luz solar para producir energía), por lo cual gran parte de las bacterias de interés médico, industrial y agrícola se ubican en él.

Clasificados como proteobacterias, podemos encontrar organismos del género *Pseudomonas*, habitantes comunes del suelo y algunas parásitas de plantas y animales que han sido estudiados sobre todo debido a su capacidad de degradar compuestos sintéticos como pesticidas, además por ser causantes de enfermedades en el humano, como la fibrosis quística e infecciones del tracto urinario, y provocar la podredumbre en algunas plantas. Otras bacterias importantes son las habitantes del ácido acético y las encontradas en bebidas alcohólicas como cerveza, sidra y vino, las cuales se utilizan en la transformación del alcohol en vinagre. En contraparte, existen bacterias patógenas pertenecientes al mismo grupo de las proteobacterias, como las del género *Neisseria*, causantes de enfermedades graves como la gonorrea y otras infecciones.

Por su parte, el grupo de las enterobacterias es de gran importancia médica debido a su estrecha relación con el humano y sus afectaciones a éste. Ha sido bien estudiado, por ejemplo, el género *Escherichia*, habitante muy común en el intestino humano, que produce vitamina K, la cual se utiliza para sintetizar proteínas necesarias para la coagulación de la sangre y la fijación del calcio en los huesos, sin embargo, existen algunas cepas patógenas que provocan comúnmente diarrea y fiebre. Este género también es utilizado para biotecnología debido a su fácil cultivo y manejo, siendo de los más estu-

diados. Otros géneros como *Salmonella*, *Shigella* y *Enterobacter* son muy patógenos para el hombre, produciendo tifoidea, gastroenteritis e infecciones urinarias.

Es necesario mencionar que los anteriores son sólo unos cuantos grupos de proteobacterias, sin embargo, existen gran variedad de géneros y especies que han sido poco estudiados.

Bacterias gram-positivas. Estas bacterias deben su nombre a un método de coloración desarrollado por Christian Gram, en el cual al retener la mancha violeta de tinción se demuestra que cuentan con una pared celular que las hace más resistentes a medios en los que puede ser difícil que se desarrollen, por lo que son organismos que podemos encontrar en muchos lugares, como en nuestro propio cuerpo, en la comida, en los lagos, etcétera.

Algunas de las más importantes dentro de este phylum son parte de los géneros *Staphylococcus* y *Streptococcus*; habitan comúnmente en el ser humano, ya sea en la piel, mucosas o tracto intestinal. Algunas de sus especies son benéficas, por ejemplo las que habitan en la piel y nos ayudan a prevenir infecciones por hongos, pero algunas son parásitas, como las generadoras de caries o incluso de infecciones graves como la meningitis, otras se utilizan en la fermentación de productos lácteos, como es el caso de las especies del género *Lactobacillus*.

Algunas de las bacterias conocidas como formadoras de esporas corresponden a los géneros *Bacillus* y *Penibacillus*; son utilizadas como insecticidas naturales, ya que infectan a diversos insectos. Mientras tanto, el género *Clostridium*, habitante común del suelo, puede causar enfermedades graves como tétanos, botulismo o gastroenteritis.

Por otro lado, algunas bacterias del género *Mycobacterium*, caracterizadas por ser muy virulentas, son de gran importancia debido a que provocan la tuberculosis. Otro género relacionado es *Streptomyces*, con especies conocidas por formar filamentos parecidos a los producidos por los hongos y generar diversos antibióticos usados para la medicina humana y veterinaria, siendo importantes para la industria agrícola e industrial.

Cianobacterias. El grupo de las cianobacterias, también conocidas como algas azul verdosas, son fotosintéticas, es decir, que ocupan la luz del Sol y el dióxido de carbono para producir su energía; a diferencia de otras bacterias fotótrofas que no producen oxígeno como desecho, éstas sí lo hacen, y por ser muy abundantes en cuerpos de agua, en el suelo e incluso en el aire, aportan gran cantidad del oxígeno que respiramos; además, algunas son capaces de fijar nitrógeno que puede ser utilizado por otros organismos.

Existe una enorme variedad de cianobacterias, pero se les clasifica principalmente por su estructura celular: si se encuentran solas, en pares, colonias o filamentos. Pese a ser autótrofas (que generan su propio alimento), no son patógenas o parásitas de otros organismos, aunque presentan asociaciones con otros organismos, por ejemplo los hongos, con los cuales forman los líquenes.

DOMINIO ARCHÆA

Este grupo es mucho más pequeño que el de las bacterias, sin embargo, las arqueas han logrado colonizar los ambientes más extremos en el planeta, como lagos hipersalados o ácidos, minas de sal, pantanos llenos de gas natu-

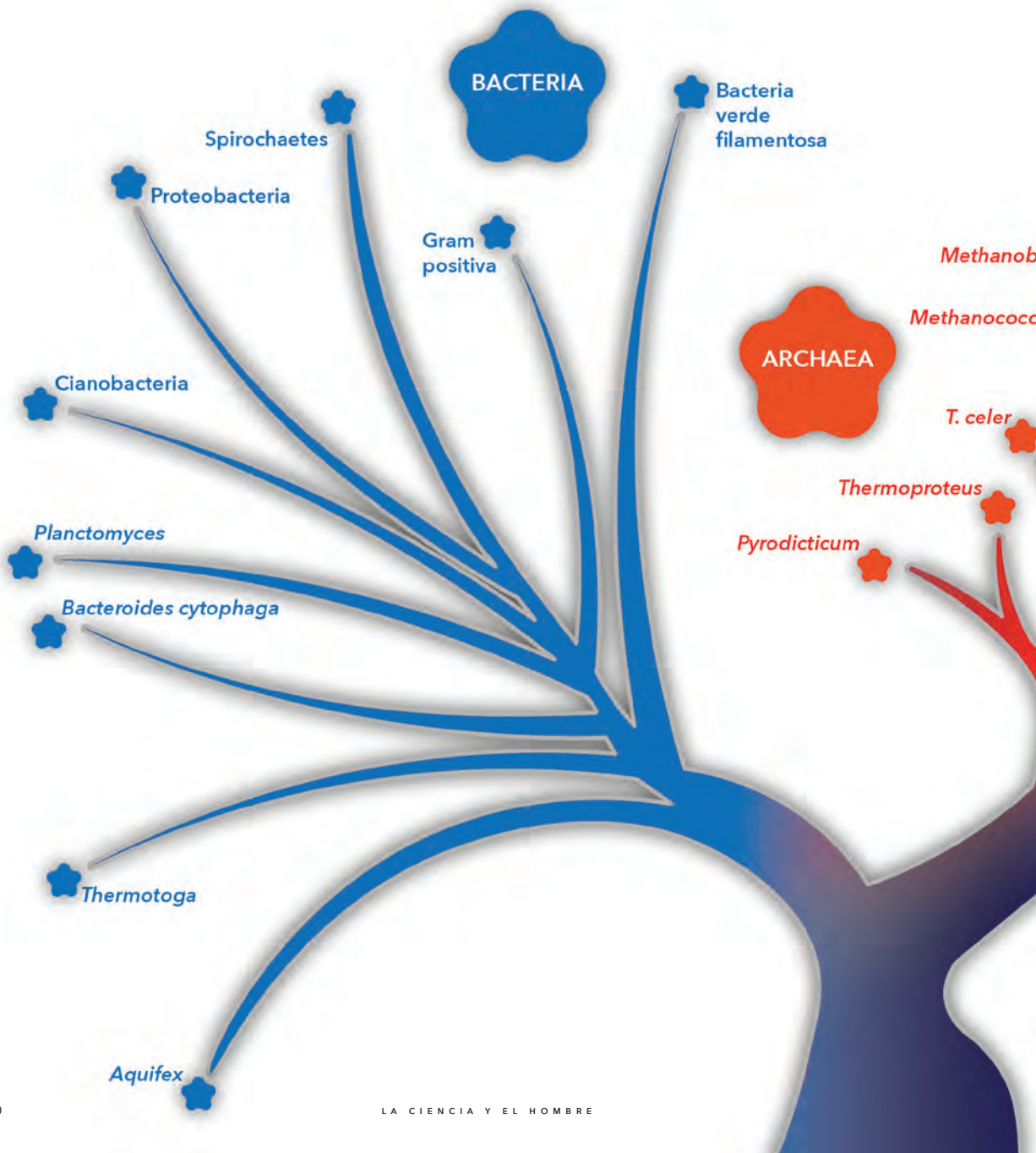
Su estudio taxonómico es de vital importancia para diversas áreas del desarrollo humano: médica, alimenticia, energética, ecológica, por mencionar algunas.

El árbol filogenético universal muestra organismos clave de los distintos dominios, denotando la cercanía de los dominios arquea y eucariota.

ral, manantiales termales con agua cerca del punto de ebullición y aguas heladas de los polos.

Euriarqueotas. En este phylum se incluyen diversos tipos de arqueas, como las resistentes a altas concentraciones de sal (halófilas extremas), las cuales han desarrollado mecanismos distintos a cualquier otro organismo para poder sobrevivir, lo que les permite habitar en sitios como minas de sal, salmueras, alimentos en conserva y grandes cuerpos de agua como lagos salados y en el mar Muerto.

También se encuentran en este grupo las bacterias productoras de metano, componente principal del gas natural ocupado como combustible. Usualmente habitan en lugares donde se produce putrefacción, como pantanos, tractos digestivos, etc. No son patógenas, sin embargo, son utilizadas por la industria para la producción de gas natural como producto de la putrefacción de desechos orgánicos, y también para la eliminación de algunos compuestos en plantas de tratamiento de agua residuales.



Crenarqueotas. En este phylum se encuentran principalmente organismos tolerantes a temperaturas extremas que crecen casi siempre en manantiales termales con agua cerca de los 100 °C o más, siendo los organismos más abundantes en estos sitios. También se les puede encontrar en lugares muy fríos como la nieve de los polos.

Las arqueas han sido de gran importancia científica, ya que nos permiten conocer cómo se pudo haber desarrollado la vida en las primeras etapas de la Tierra, además son objeto de muchos estudios debido a que pueden servir para la creación de nuevas tecnologías.

Es necesario reconocer la gran variedad de procariotas que existen, ya que pese a no ser visibles, los organismos más grandes no podríamos sobrevivir sin ellos, ya que construyen gran parte de la vida en la Tierra. Algunos son peligrosos y otros muy necesarios, por lo cual conocer algunos de los grupos más relevantes es, además de interesante, útil para comprender cómo funciona el mundo que nos rodea. ▀

LECTOR INTERESADO:

Bergey, D. (2001). *Manual de Bacteriología Sistemática de Bergey*.

EUA: Universidad de Pennsylvania.

*FACULTAD DE BIOLÓGIA, CAMPUS XALAPA,
UNIVERSIDAD VERACRUZANA
CORREO: GIRYCHRIS@GMAIL.COM

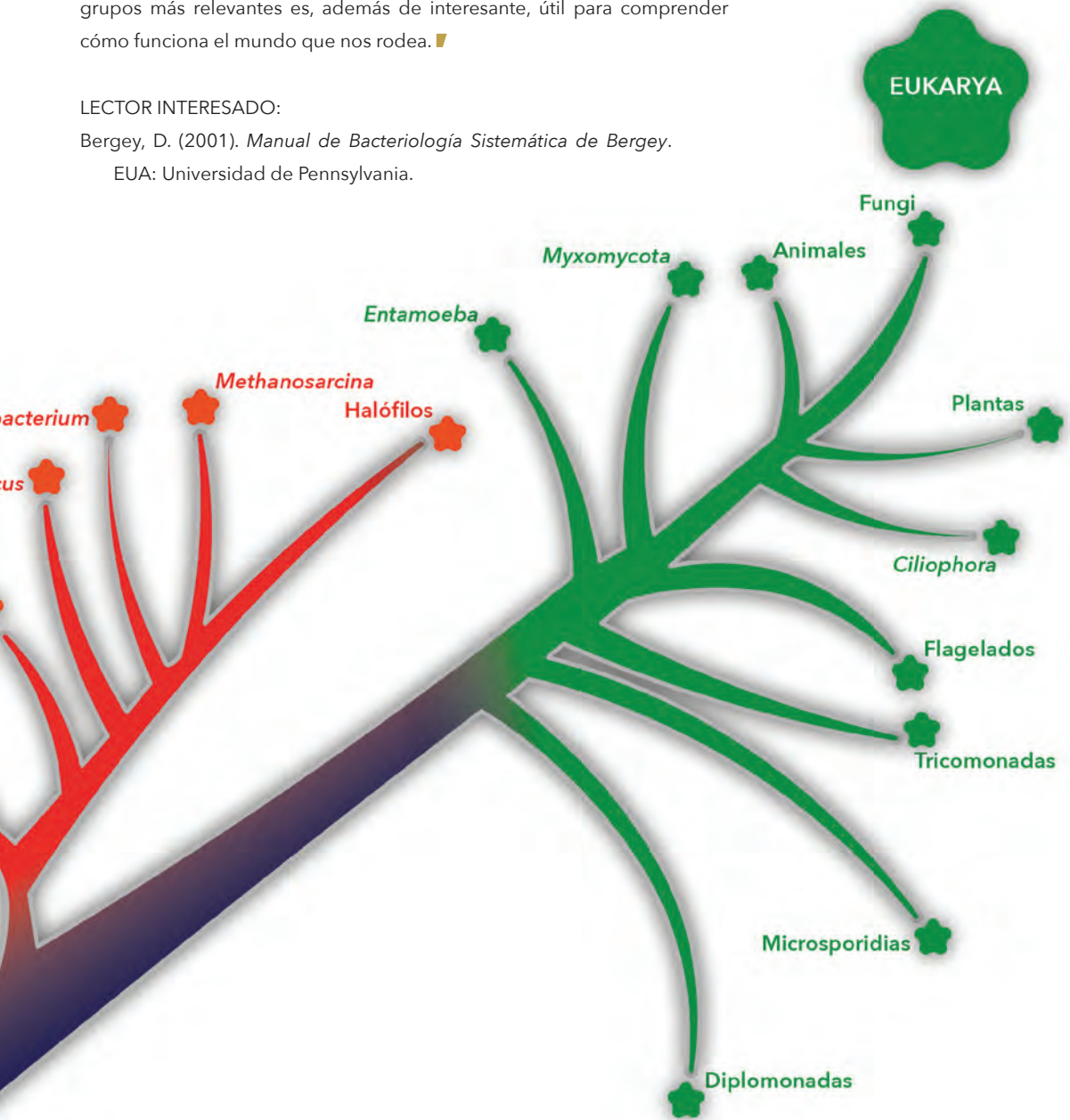


IMAGEN BASADA EN ESQUEMA DE: ERIC GABA (STING - FR:STING)
- NASA ASTROBIOLOGY INSTITUTE, FOUND IN AN ARTICLE,
PUBLIC DOMAIN, [HTTPS://COMMONS.WIKIMEDIA.ORG/W/INDEX.PHP?CURID=26075698](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=26075698)

BACTERIAS DEL SUELO: USO POTENCIAL EN LA BIODEGRADACIÓN DE HIDROCARBUROS

ALFREDO HIRAM GONZÁLEZ MURILLO Y ALBERTO MENDOZA HERRERA*

Los géneros *Azospirillum* y *Sphingobium* son conocidos por su versátil metabolismo y su capacidad para degradar una amplia gama de contaminantes ambientales.

La aplicación de técnicas de análisis del medio ambiente ha dado a la sociedad información relevante sobre el estado en que se encuentra éste. El aire, el agua, el suelo y el entorno en que vivimos están contaminados por una amplia variedad de químicos sintéticos y compuestos orgánicos que provienen de las actividades industriales y agrícolas, entre otras.

Rizosfera
Rizosfera interna
Lisados
Rizoplasma
Bacterias
Esporos
Córtex
Mucigel
Células desprendidas
Mucilagem

Se ha comprobado que algunos procesos biológicos pueden modificar moléculas orgánicas. Los procesos que utilizan enzimas para transformar compuestos químicos comúnmente generan una amplia modificación en la estructura y las propiedades tóxicas de las sustancias contaminantes o potencialmente contaminantes y, en la mayoría de los casos, neutralizan sus efectos nocivos.

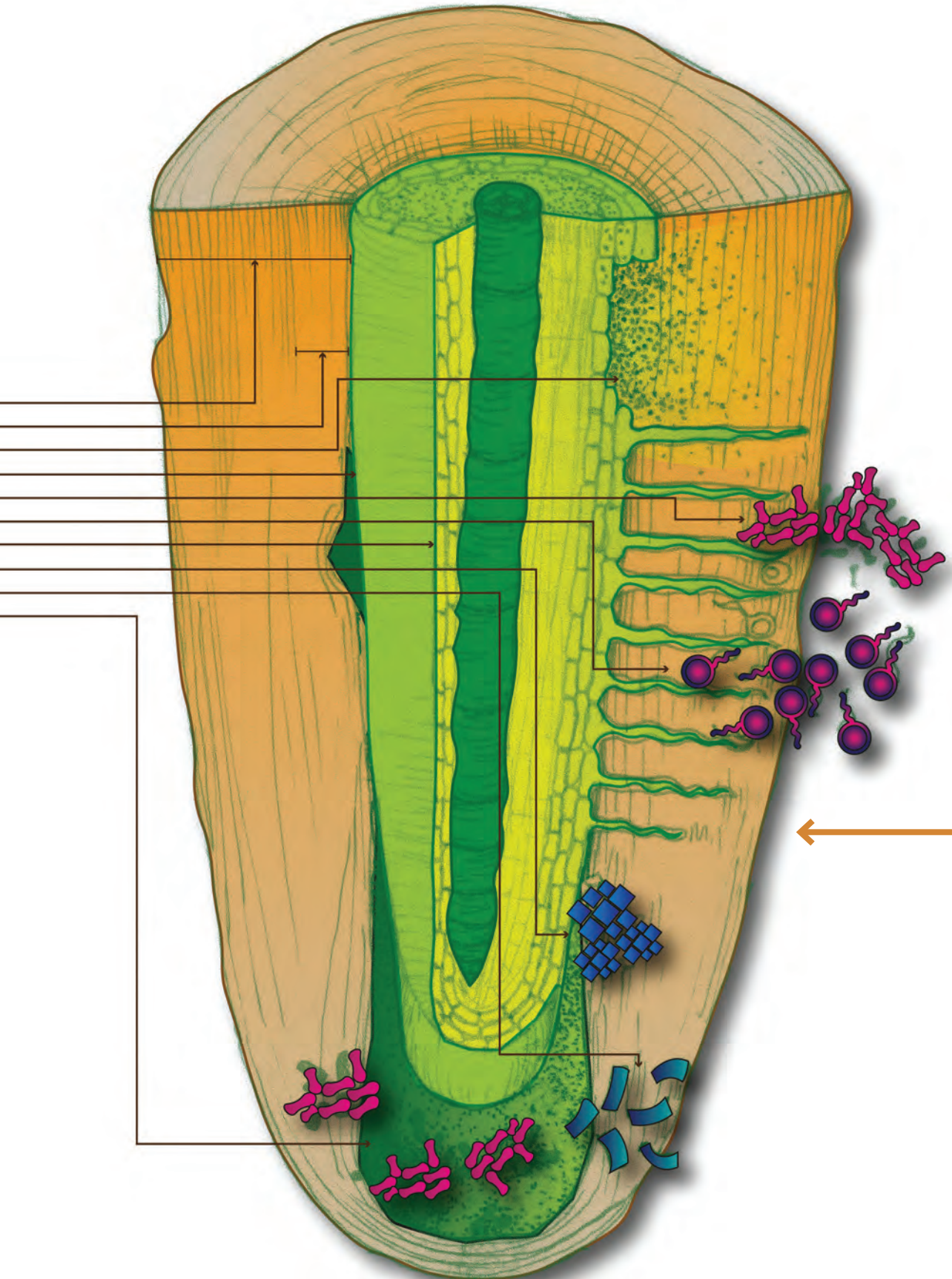
Las transformaciones, que ocurren en plantas y mayormente en animales, pueden ocasionar cambios en una gran cantidad de sustancias químicas. Se ha demostrado que los microorganismos, de acuerdo con la información disponible, son el mayor agente responsable de las transformaciones biológicas en el suelo, en los sedimentos, en las aguas residuales y superficiales y en los ríos.

A partir de tales conocimientos, en las últimas décadas se ha buscado revertir la contaminación en el medio ambiente a través de la utilización de dos procedimientos: la biodegradación y la biorremediación.

La biodegradación consiste en la reducción de las sustancias químicas mediante reacciones biológicas; es utilizada como parte de la biorremediación, que puede definirse como el uso de microorganismos para llevar a cabo la transformación, degradación y eliminación de contaminantes, siendo dependiente de las actividades enzimáticas de las bacterias.

Como dato adicional se puede mencionar la fitorremediación, basada en el uso de plantas, en la cual la rizosfera acelera la biodegradación de diversos

RAÍZ (RIZOSFERA)



componentes orgánicos como los productos derivados del petróleo, pesticidas, etcétera.

BIODEGRADACIÓN

Como ya se ha mencionado, la biodegradación es la transformación biológica de una molécula compleja contaminante en una molécula más sencilla que no hace daño a los animales ni a los seres humanos. En el caso de compuestos orgánicos, comúnmente la biodegradación, aunque no en todos los casos, tiende a la transformación del compuesto original en bióxido de carbono (CO₂) y productos inorgánicos que son liberados por el microorganismo.

Según Alexander (1999), algunas condiciones que se deben cumplir para que la biodegradación se efectúe en un ambiente son:

Los microorganismos son el mayor agente responsable de las transformaciones biológicas en el suelo, en los sedimentos, en las aguas residuales y superficiales y en los ríos.

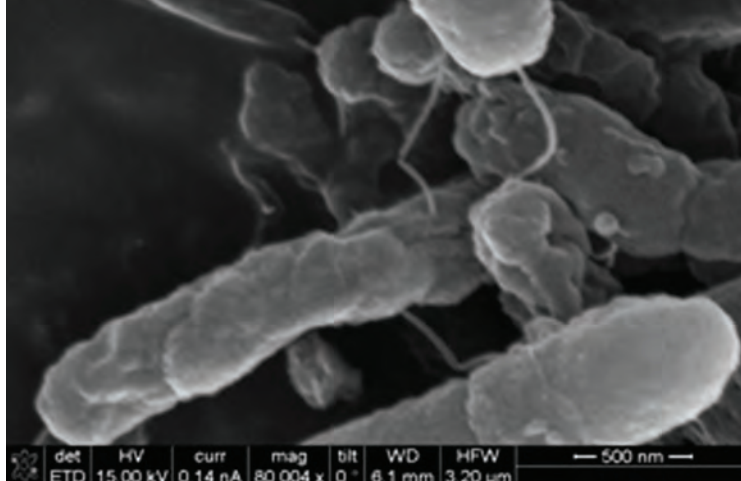
- El microorganismo debe poseer las enzimas necesarias para que se lleve a cabo la degradación. La presencia de un microorganismo con el apropiado potencial biodegradador de contaminantes es indispensable, pero no suficiente para que el proceso se lleve a cabo.
- El microorganismo debe estar presente en el medio que contiene el químico.
- La sustancia química debe ser accesible para el organismo que posea las enzimas.
- Si la enzima que lleva a cabo la biodegradación se encuentra dentro de la célula, la molécula debe ingresar al interior de esa célula para que se pueda realizar la digestión o eliminación del contaminante.
- Debido a que la población inicial de microorganismos que actúan sobre el contaminante es poca, las condiciones del ambiente deben ser propicias para permitir su desarrollo.

DOS GÉNEROS BACTERIANOS

México tiene intensas actividades petroleras y petroquímicas que introducen graves cambios en los ecosistemas donde se realizan, dando pie a numerosos problemas de contaminación por fugas y derrame de productos derivados del petróleo que alteran las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua y del suelo, exponiendo a las poblaciones humanas y de vida silvestre a riesgos considerables en su salud.

Recientemente se ha puesto énfasis en el estudio de la capacidad de biodegradación a través de dos géneros bacterianos: *Azospirillum*, previamente investigado como bacteria promotora del crecimiento vegetal, aunque en





años recientes se ha demostrado que también posee potencial biodegradador de hidrocarburos e incluso de productos xenobióticos (sintetizados en el laboratorio por el ser humano) (Muratova *et al.*, 2005), y *Sphingobium*, ampliamente estudiado como biodegradador de hidrocarburos. Cabe mencionar que ambos géneros de bacterias habitan normalmente en las raíces de las plantas, en una zona llamada rizosfera.

El rizoplano es la parte externa de la raíz que está en contacto directo con el suelo. La rizosfera es la parte de suelo que está en contacto directo con la raíz y es influenciado por la misma; ese volumen de suelo asociado, generalmente se extiende de 1 a 5 milímetros desde la superficie de las raíces.

En esos sitios vive la mayor parte de los microorganismos del suelo, ya que éstos son atraídos por la gran cantidad de sustancias que las plantas secretan en forma de carbohidratos y aminoácidos, creando un ambiente propicio para el aumento de la actividad y el desarrollo de las comunidades microbianas, debido a la alta disponibilidad de nutrientes.

CARACTERÍSTICAS

Azospirillum es un género de bacterias de vida libre fijadoras de nitrógeno, que son gram-negativas (pues no se tiñen, dada su doble membrana celular) y presentan forma de bacilo. Es habitante de la rizosfera y rizoplano de una amplia variedad de plantas, desde cereales como el maíz y el trigo, hasta pastos forrajeros e incluso en agaves como el henequén.

Desde su descubrimiento este género ha sido ampliamente estudiado debido a su capacidad para formar asociaciones simbióticas bacteria-planta y actuar como bacteria promotora de crecimiento vegetal (BPCV), otorgándole múltiples beneficios a la planta: estimulación del crecimiento, incremento en la biomasa, mayor resistencia a la sequía y protección contra patógenos.

El efecto bioestimulante de *Azospirillum* es debido a la producción de una hormona vegetal, el ácido indolacético (AIA). Una de las bacterias más importantes y estudiadas de este género bacteriano es *Azospirillum brasilense*, ya que posee las cualidades antes mencionadas.

Por su parte, *Sphingobium* también es un género de bacterias gram-negativas en forma de bacilo, aerobios estrictos que pueden ser móviles o inmóviles, que están ampliamente distribuidas en la naturaleza, siendo aisladas del suelo, de sedimentos, de diversos cuerpos de agua como ríos y aguas residuales, en asociaciones con plantas, en muestras clínicas, así como en suelos contaminados con diversos hidrocarburos.

Estas bacterias son conocidas por su versátil metabolismo y su capacidad para degradar una amplia gama de contaminantes ambientales, entre ellos

La biodegradación es la transformación biológica de una molécula compleja contaminante en una molécula más sencilla que no hace daño a los animales ni a los seres humanos.

ARRIBA: "SPHINGOBIUM Y SU FLAGELO", FOTO DE ALBERTO MENDOZA HERRERA

hidrocarburos derivados del petróleo, dado que utilizan los contaminantes como fuente de carbono y energía.

Una de las cepas de este género con mayor importancia es *Sphingobium yanoikuyæ*, cepa B1 que fue originalmente aislada por su capacidad para utilizar fenoles (como el bifenilo, un hidrocarburo) como su única fuente de carbono. La cantidad de hidrocarburos que puede degradar es amplia, se incluyen compuestos como antraceno, benzopireno, naftaleno, fenantreno, tolueno, m-xileno, entre otros.

POTENCIAL

Desde hace ya varios años se ha demostrado que la presencia de hidrocarburos en un suelo contaminado deriva en el aumento de bacterias de vida libre fijadoras de nitrógeno (Bossert y Bartha, 1984). Más recientemente, Miranda-Martínez *et al.* (2007) estudiaron cepas bacterianas degradadoras de fenoles y bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico, entre ellas *Azospirillum brasilense* y *A. halopræferens*.

Se ha observado que *A. brasilense* SR80 fue capaz de degradar el petróleo crudo, colonizar las raíces de la planta de trigo y producir AIA. Se observó también que el petróleo crudo estimulaba el crecimiento de la bacteria y ésta, a su vez, estimulaba el crecimiento de las raíces de la planta, lo que llevó a un incremento en el nivel de degradación del petróleo. Estos estudios son un claro ejemplo del potencial biodegradador y fitorremediador de esas bacterias.

En lo que respecta a las bacterias del género *Sphingobium*, tienen gran versatilidad metabólica y pueden transformar una alta cantidad de contaminantes, incluidos los hidrocarburos derivados del petróleo. La mayoría de los estudios sobre ellas han sido dirigidos a su capacidad de biodegradación, pues la mayoría de sus miembros tienen la información genética necesaria para adaptarse y transformar diversos compuestos. La cepa clave en la que se enfocan los estudios es *Sphingobium yanoikuyæ*.

Otra característica adicional de este género es la capacidad de formar biopelículas (colonias de bacterias adheridas a una superficie que presentan un crecimiento en capas, además de secretar diversas sustancias que las mantienen unidas), esta particularidad hace a sus integrantes microorganismos adecuados para el tratamiento de contaminantes persistentes y de lenta degradación.

La importancia de la biodegradación de hidrocarburos contaminantes radica en que éstos son altamente persistentes en la naturaleza, además algunos pueden ocasionar cáncer, es por eso que es necesario e indispensable el tratamiento de las zonas afectadas por fugas

y derrames, para salvaguardar así la salud de las poblaciones silvestres y humanas.

En el Centro de Biotecnología Genómica-IPN, en Tamaulipas, se estudian bacterias clave de los dos géneros abordados, para evaluar su potencial biodegradador y a corto plazo obtener un bioproducto efectivo en la restauración de ambientes contaminados, todo mediante el proceso de biorremediación mediado por estas bacterias. ▀

LECTOR INTERESADO:

Alexander, M. 1999. *Biodegradation and bioremediation*. EUA: Academic Press.

Bossert, I. y R.A. Bartha. 1984. "The fate of petroleum in soil ecosystems". *Petroleum Microbiology*. RM Atlas (Ed.), Nueva York: McMillan Publ., pp. 435-437.

Gibson, D.T. 1999. *Beijerinckia* sp. strain B1: a strain by any other name. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 23(4-5):284-293.

Martínez Romero, E. y J.C. Martínez Romero. *Microbios en línea*. En: <http://www.biblioweb.tic.unam.mx/libros/microbios>, última consulta: 5 de julio de 2016.

Miranda-Martínez, M. del R., J. Delgadillo-Martínez, A. Alarcón y R. Ferrera-Cerrato. 2007. Degradación de fenantreno por microorganismos en la rizósfera del pasto alemán. *Terra Latinoamericana*, 25(1):25-33.

*CENTRO DE BIOTECNOLOGÍA GENÓMICA, IPN

CORREOS: AGONZALEZM1400@ALUMNO.IPN.MX, AMENDOZAH@IPN.MX

ILUSTRACIONES Y FOTOGRAFÍAS DE FRANCISCO J. COBOS PRIOR





EL GUSANO PRO- DUCTOR DE SEDA

NAOMI HERRERA CONTRERAS*

Las múltiples propiedades de la seda han hecho de *Bombyx mori* una especie cuya importancia económica y cultural se acrecienta.

La historia de nuestro pequeño protagonista comienza en el año 2500 a.C., en Asia Oriental, cuando el emperador Huang Ti pidió a su esposa Xi Lingshi descubrir qué era lo que estaba consumiendo sus plantas de morera (*Morus alba*).

Cuando la mujer encontró que se trataba de unos gusanos blancos productores de capullos brillantes, los cuales se descomponían en un filamento fino al ser sumergidos en agua tibia, abrió paso a China hacia la sericultura o sericultura.

Se le llama sericultura a la crianza del gusano de la especie *Bombyx mori* para la obtención de seda a partir del hervimiento de sus capullos, con lo que se obtiene entre 700-1 500 metros de hilo por cada capullo. Si se reporta que 500 metros de hebra pesan únicamente 130 miligramos, podemos imaginar lo tedioso de la obtención de suficiente hilo de seda para la venta.

TRADICIÓN

La sericultura se ha expandido por más de 20 países, incluyendo México, Brasil, Bulgaria, Egipto y Madagascar. Aun así, sigue siendo Asia su mayor productor, ya que China genera 70% de la seda del mundo.

En México se ha logrado cultivar la morera, árbol que con sus hojas alimenta a los gusanos de seda; incluso se utiliza su fruto, la mora, para la producción de mermeladas. En Coyoacán, Ciudad de México, se cultivan dos tipos de capullos: el criollo (cuyo nicho natural es la Sierra Norte), y el mejorado (el que fabrican los gusanos alimentados con morera injertada). En Oaxaca se tienen registros de la existencia de morera y gusanos de seda desde antes de la Conquista, sin embargo, no se conocía la sericultura. Ya desde la época colonial se permitió plantar 100 mil moreras en las zonas de Tepexi (en Puebla) y Oaxaca para ser utilizadas en dicha industria.

BOMBYX MORI

Taxonómicamente, el gusano de seda se encuentra dentro de los lepidópteros, orden de insectos al cual pertenecen las mariposas y las polillas. Los Bombicidos son una familia de lepidópteros que incluye al género *Bombyx*.

Bombyx mori se considera la especie más relevante de este género debido a su importancia económica y cultural; al ser una especie domesticada, está adaptada a la cría comercial, perdiendo su capacidad para volar y para sobrevivir en condiciones ambientales extremas.

Esta especie presenta una metamorfosis que pasa por cuatro estados: a) huevo, cuya fertilidad es determinada por su coloración; b) larva, con una duración de 30 a 45 días, subdividido a su vez en cinco estadios, cada uno separado por un periodo de 24 a 48 horas, en los que el insecto cambia de piel y alcanza a medir hasta 9 cm, alimentándose únicamente de hojas de morera; c) pupa o crisálida, dura de 12 a 15 días, durante este periodo, dentro de una membrana protectora, se produce la metamorfosis pupa-mariposa; d) finalmente surge una mariposa de color blanquecino y sin capacidad para volar ni alimentarse, su única función es la reproducción.



Taxonómicamente se encuentra dentro de los lepidópteros, orden de insectos al cual pertenecen las mariposas y las polillas.



La producción de seda ocurre en la glándula sericígena del gusano, su segundo órgano más grande.



FIBROÍNA Y SERICINA

Cuando se encuentra en estado de larva, *B. mori* produce un capullo de un solo hilo de seda, formado por dos fibras de fibroína rodeadas de sericina. La producción de seda ocurre en la glándula sericígena del gusano -su segundo órgano más grande-, que se divide en tres regiones: anterior, media y posterior, generándose dentro de cada una distintas proteínas que permiten al gusano construir su capullo para protegerse durante la metamorfosis.

En la región posterior, de forma alargada y con curvas, se produce la fibroína -componente principal de la seda (75-85%)-, la cual es almacenada en la región media, que es la de mayor tamaño y con forma de "S", donde también se produce la sericina, formada por el ácido aspártico, la glicina y la treonina. La doble fibra de fibroína, con su recubrimiento de sericina, emerge semilíquida por un conducto situado en la región anterior del gusano y se solidifica o polimeriza al contacto con el aire.

La sericina, que es soluble al agua, actúa como agente antibacterial, antifúngico y antioxidante, asimismo posee propiedades como resistencia a los rayos ultra violeta, absorción y liberación de humedad.

Las proteínas que conforman al capullo de *B. mori* han sido estudiadas tanto en el campo de la medicina como en la cosmética, en particular la fibroína, ya que presenta propiedades especialmente útiles y novedosas, por ejemplo: su naturaleza proteica la hace biocompatible, el rechazo ocasional que se ha reportado en algunas suturas se atribuye a la contaminación de la fibroína con sericina; es biodegradable, se reabsorbe de manera completa en dos años; posee resistencia mecánica; puede elaborarse en diferentes configuraciones, según las necesidades: geles, películas, matrices porosas 3D, microfibras y microesferas; presenta una superficie altamente reactiva, esto le permite unirse a péptidos, hormonas y factores de crecimiento.

Todas estas características hacen que la seda tenga ventajas sobre otras fibras naturales, como el algodón, y algunas fibras sintéticas, como el kevlar 49, superándolas en fuerza tensil y elongación, además de ser menos densa.





ALTERACIONES GENÉTICAS

Científicos del Instituto Nacional de Ciencias Agrobiológicas de Japón (NIAS) han logrado que los gusanos, a través de la modificación de su ADN, generen proteínas diferentes a las que producen naturalmente, logrando de esta manera utilizar la seda en medicamentos y cosméticos.

El procedimiento de creación de gusanos de seda transgénicos consiste en la inyección de dos hebras nuevas de ADN al huevo. La primera, llamada ADN vector, consiste en genes llamados transposones que pueden cambiar su posición dentro del ADN, recombinados con otros genes extraños que producen proteínas específicas; la otra es el ADN auxiliar que contiene enzimas que promueven la transferencia.

El NIAS logró desarrollar una nueva técnica que permite a los investigadores controlar en dónde aparecen las propiedades de los genes extraños. Al seleccionar la parte posterior de la glándula que la produce, se posibilita la modificación de las propiedades de la seda.

De las generaciones transgénicas son seleccionados y separados los mejores elementos para asegurar resultados favorables. Es claro que el control sobre estas especies es importante, pues al no ser supervisadas correctamente existe la posibilidad de que se reproduzcan con los ejemplares originales, ocasionando una pérdida de control en las mutaciones (ya que son transmitidas a generaciones siguientes) y, por consiguiente, alteran la calidad de las sedas. Las variantes en la coloración de ésta se deben a la pureza de las líneas genéticas.

Actualmente, los laboratorios Kraig Biocraft han modificado genéticamente gusanos de seda, incorporando proteínas de la tela de araña. Su objetivo es la producción masiva de seda de araña artificial, que podría ser utilizada para fabricar productos de gran resistencia y ligereza, como chalecos antibalas, materiales para vehículos y equipos deportivos, incluso nuevos materiales de construcción.

De esta manera, *Bombyx mori* es una especie cuya importancia económica y cultural se acrecienta, lo que la hace merecedora de cuidado e investigación constante. ▀

*FACULTAD DE BIOLOGÍA, UNIVERSIDAD VERACRUZANA

CORREO: NAOMI.HCONTRERAS@GMAIL.COM

PÁGINA 18 "SILK COCOON 2" DE GROSTY, TRABAJO

PROPIO, CC BY-SA 3.0

PÁGINA 19 "ORUGA DE GUSANO DE SEDA" DE DIEGO DELSO, CC BY-SA 3.0

PÁGINA 20 "WHITE SILK 5" DE JE THERIOT, CC BY 2.0 Y

"BOMBYX MORI RELOADED" DE DAVID HURT, CC BY 2.0

PÁGINA 21 "COCOON BOMBYX MORI" DE BISWARUP GANGULY, GFL/CC BY 3.0

EL BARRENADOR DE LAS MELIÁCEAS (UN PROBLEMA FORESTAL)

NANCY BARRADAS-JUANZ*, FRANCISCO DÍAZ-FLEISCHER*, ANA DORANTES-ACOSTA*,
PABLO MONTOYA** Y DIANA PÉREZ-STAPLES*



Un brote de *Cedrella odorata* L.
con larva de *Hysipyla grandella*.

A pesar del grave inconveniente que representa esta plaga, no se cuenta con un método de control efectivo que reduzca su daño a niveles económicamente aceptables.

El barrenador de las meliáceas (*Hypsipyla grandella* Z.) es la principal plaga forestal en América Latina y el Caribe. Es uno de los principales factores limitantes en el éxito de las plantaciones de cedro (*Cedrela odorata* L.) y caoba (*Swietenia macrophylla* K.). Ataca varias estructuras de los árboles (follaje, fuste y frutos), pero el principal daño es causado cuando la larva destruye el retoño terminal principal, barrenando y haciendo túneles en los tallos jóvenes. Esto ocasiona que el árbol se bifurque y su valor comercial disminuya de forma considerable.

Las pérdidas económicas que este barrenador ha ocasionado alcanzan cifras millonarias; por ejemplo, en Puerto Rico se abandonó el uso de cedro para reforestar dado que entre 1935 y 1943, cerca de 835 mil árboles de caoba y 1 millón de árboles de cedro fueron destruidos debido al ataque del barrenador. En el distrito de Petén, en Guatemala, se perdieron alrededor de 250 hectáreas sembradas con caoba y cedro durante los primeros dos años de la plantación. Y así, historias de pérdidas como las anteriores se repiten en todas las plantaciones de cedro y caoba.

EL CEDRO: VERSÁTIL Y CODICIADO

El cedro rojo (*Cedrela odorata*) es una de las especies maderables más importantes de la industria forestal en la república mexicana. Originario de México y Centroamérica, donde se distribuye en climas cálidos y semicálidos, en nuestro país se le encuentra en los estados de Campeche, Colima, Chiapas, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán. Es de corteza agrietada, tiene un crecimiento óptimo en suelos fértiles, profundos y con buen drenaje, donde puede alcanzar entre los 35 y 40 m de altura, y hasta 1.7 m de diámetro.

Al cedro rojo se le considera un árbol de uso múltiple de importancia agroforestal, cuya madera es sumamente apreciada por ser de excelente calidad y belleza, considerándose como una de las más finas del planeta. Se le utiliza para fabricar muebles de alta calidad, artículos torneados, chapa decorativa, instrumentos musicales y artículos para decoración de interiores. Además, sus flores son melíferas, es decir, su néctar es buscado por las abejas para la elaboración de miel; asimismo, se le da uso medicinal, la infusión de sus hojas ayuda contra el dolor de muelas y oídos, alivia el dolor de estómago, la disentería, la diarrea y baja la fiebre.



Por muchos años los mercados nacionales e internacionales se abastecieron de madera de cedro que provenía exclusivamente del bosque, diezmando así sus poblaciones naturales; sin embargo, hoy el cedro rojo se encuentra sujeto a protección especial en la NOM-059-SEMARNAT 2010.

Una alternativa sustentable son las plantaciones forestales comerciales, a la fecha cerca de 90 mil hectáreas han sido plantadas, sobre todo en los estados de Veracruz, Campeche, Tabasco, Chiapas, Oaxaca y Puebla.

En México se realiza un gran esfuerzo por producir cedro, tan sólo entre 2007 y 2008, en viveros de la Comisión Nacional Forestal se produjeron cerca de seis millones de plantas de cedro, sin embargo, ese esfuerzo podría verse afectado por el barrenador de las meliáceas. Teniendo en mente la magnitud del daño que representa, es sorprendente lo poco que se conoce sobre la biología y ecología de *H. grandella*.

¿QUÉ SABEMOS DE ESTE BARRENADOR?

Existen 11 especies del género *Hypsipyla*, cuatro se distribuyen en América y siete en la región de África y Asia. *H. robusta* (Moore) es la especie de mayor distribución, se encuentra en el este y oeste de África, en Asia y en el Pacífico, donde representa problemas para las plantaciones de caoba africana y cedro australiano. *H. grandella* se encuentra en la región central y sur de América, en el Caribe y en el sur de Florida. Las demás especies son menos conocidas y tienen una distribución más restringida.

En lo que respecta a *H. grandella*, los adultos son palomillas de hábitos nocturnos y muy buenos voladores, poseen gran capacidad para localizar a sus hospederos. El periodo máximo de vuelo difiere entre sexos; las hembras son más activas las primeras dos noches después de la emergencia, es decir, cuando salen de la crisálida, posteriormente se vuelven menos activas y más atractivas para los machos, quienes poseen la capacidad de sostener el vuelo por más tiempo y, al parecer, se sienten atraídos por los árboles jóvenes o con follaje nuevo, también por los que han sido dañados como resultado de ataques previos.

Las hembras, después de copular, proceden a ovipositar durante el resto de su vida (de cinco a ocho días) entre 200 y 450 huevos en total, generalmente de manera separada, pero a veces en pequeños grupos de tres a cuatro en las hojas del cedro. Los huevos, ovales y aplanados, miden cerca de 0.98 mm de largo y 0.50 mm de ancho, son blancuzcos, tornándose rojos dentro de

las primeras 24 horas si resultan fértiles, eclosionando después de tres a cinco días.

Las larvas recién eclosionadas penetran primero la yema axilar del árbol de cedro y luego se mueven barrenando el retoño terminal o la punta de las ramas. Después de entrar, cubren las entradas de los orificios con una red protectora hecha de excretas y residuos de la planta. Terminado el desarrollo larval, el individuo se hila en la parte final superior del túnel como pupa o crisálida. El ciclo completo de desarrollo puede variar entre 30 y 104 días, dependiendo de la temperatura del ambiente.

SISTEMAS DE CONTROL

Para convertirse en plaga forestal un insecto debe aumentar de manera natural su población hasta un nivel suficiente para afectar a su hospedero, pero eso depende del insecto y del valor económico de los bienes. El umbral económico o umbral de acción es la densidad mínima de la plaga ante la cual habría que intervenir para evitar que el daño resulte en pérdidas económicas. Para *H. grandella* dicho umbral es de apenas una larva por árbol, pues una hembra puede depositar hasta 450 huevos a lo largo de su vida, de modo que bastan pocas hembras para infestar toda una plantación.

H. grandella es un insecto sumamente difícil de manejar, los intentos que se han hecho en plantaciones para mantenerlo a raya no han sido del todo satisfactorios, sin embargo, a lo largo de los años se han desarrollado diversos métodos de control, agrupados en torno a cuatro enfoques: los métodos silviculturales, el manejo con químicos, el control biológico y el manejo mecánico.

Métodos silviculturales. En esta clase de procesos son tres los principales factores que se toman en consideración: 1) reducción del número de meliáceas por hectárea, 2) presencia de sombra y 3) calidad del sitio de plantación. No obstante, las numerosas técnicas practicadas no han cumplido su cometido, en realidad son pocas las que se recomiendan con un sustento de evidencia experimental, debido a que ninguna logra disminuir el ataque a niveles económicamente aceptables.

Manejo con químicos. El uso de insecticidas químicos es una de las alternativas más utilizadas por los productores, sin embargo, puesto que los barrenadores son activos durante todo el año, resulta estrictamente necesaria una protección continua para evitar cualquier ataque. También se requiere de un largo periodo de aplicación, que puede ser de cinco años, desde la plantación hasta el momento del aprovechamiento.



Es sorprendente lo poco que se conoce sobre la biología y ecología de *Hypsipyla grandella*, tomando en cuenta la magnitud del daño que representa.



Arriba, larva de *Hypsipyla grandella*. Sobre estas líneas, adulto. Debajo, infestación expuesta donde se aprecia una larva de *H. grandella*.



Este método de control no resulta conveniente por su alto costo y por el daño ambiental que ocasiona; además, la larva tiende a penetrar muy rápido en el brote del árbol una vez que eclosiona el huevo, de modo que incluso los insecticidas más prometedores de liberación sistemática controlada no pueden matar a las larvas con la suficiente rapidez para evitar los daños al brote. Así, el manejo con químicos sólo brinda un uso pertinente en aplicaciones en árboles jóvenes y como parte de un manejo integrado de plagas.

Control natural y biológico. Los entomopatógenos son un grupo diverso de organismos que incluye a los hongos, virus, bacterias, protozoos y nemátodos. Algunos se han utilizado con éxito para atacar distintas plagas de insectos, sobre todo de lepidópteros forestales o agrícolas. Bajo condiciones ideales, representan un sistema de control a largo plazo, siempre que las poblaciones de la plaga fluctúen por debajo del umbral económico. Como el umbral de daño de *H. grandella* es muy bajo, aunado a la naturaleza críptica de las larvas y su baja densidad, su éxito se ha visto limitado.

Manejo mecánico. Existen técnicas de poda de ramas infestadas o de ramas laterales para mantener la supremacía del brote principal y favorecer así el crecimiento de un fuste recto, eliminando pupas o larvas en las ramas. Es un procedimiento tedioso para el que es necesario capacitar al personal de manera que aprenda a reconocer los agujeros de salida del adulto en el fuste del árbol; de igual manera, es indispensable tener sumo cuidado, ya que las cortes muy frecuentes pueden reducir la tasa de crecimiento de los árboles, haciéndose necesario investigar aspectos de costos y beneficios de los diferentes intervalos de podadura.

Otras alternativas. El manejo integrado de plagas (MIP) tiene como premisa que cualquier tipo de control aplicado de manera independiente nunca dará un resultado óptimo, por lo que es necesario utilizar dos o más métodos para mantener una plaga en niveles que no causen pérdidas económicas de importancia, sin provocar serios prejuicios ambientales ni humanos. En contra de algunas plagas, formando parte de un MIP, se utiliza también la técnica del insecto estéril (TIE).

LA TÉCNICA DEL INSECTO ESTÉRIL (TIE)

La TIE consiste en la reproducción en masa de la especie del insecto plaga, su esterilización (históricamente realizada con radiación gama) y liberación sistemática en el

área de interés. Los machos estériles producidos por la TIE se aparean con las hembras fértiles silvestres, dándose una transferencia de espermatozoides portador de mutaciones letales dominantes. El resultado es descendencia no viable, lo cual reduce la población del insecto.

Esta técnica es amigable con el medio ambiente y su efectividad se incrementa de manera exponencial al ir reduciendo la densidad de la plaga. A diferencia de la mayoría de los métodos de control de plagas, que busca aumentar la tasa de mortalidad, la TIE busca disminuir la tasa de natalidad. Desde hace 50 años se ha utilizado para la prevención, contención, supresión y erradicación de muchos insectos plaga. La técnica es específica a nivel de especie, no introduce nuevo material genético dentro de las poblaciones existentes, ya que los organismos liberados no se pueden reproducir.

Los casos exitosos de la aplicación integrada de la TIE incluyen la erradicación, en México y en Libia, del gusano barrenador del ganado, y en California y Florida, de la mosca del Mediterráneo. Esta técnica se ha empleado con éxito en nuestro país en el control de la mosca de la fruta. Otras naciones la han empleado con buenos resultados en lepidópteros, por ejemplo, en el control del gusano rosado en Estados Unidos y la palomilla de la manzana en Canadá.

¿SIRVE LA TIE CONTRA *HYPsipyla GRANDELLA*?

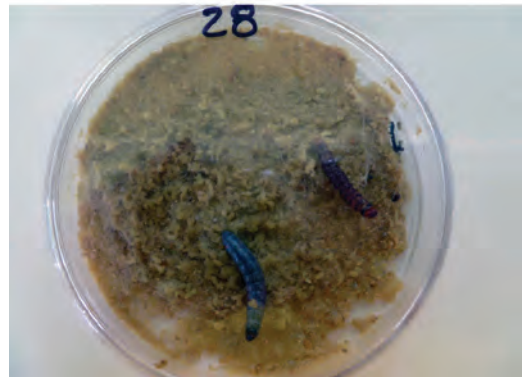
Con los buenos resultados a la vista, ¿por qué no se ha aplicado la TIE para controlar a *H. grandella*? Para emplear un MIP es indispensable poseer información básica de la biología y ecología del insecto objetivo, es decir, se requiere una investigación que permita establecer criterios confiables para la toma de decisiones y, lamentablemente, es ahí donde radica la principal debilidad en la lucha contra este barrenador.

Se conoce relativamente poco sobre su manejo y no existen trampa ni atrayente eficaces para este gusano, sin embargo, en la actualidad se están desarrollando estudios para conocer su comportamiento sexual, identificar algunas sustancias con efecto atrayente y, recientemente, se ha desarrollado un método de colonización en laboratorio. Si bien un largo camino aguarda para resolver la amenaza del barrenador de las meliáceas, es un gran avance que ya se reconozca la importancia de generar conocimiento sobre la biología de este insecto, que nos permita ayudar a los productores de cedro y caoba para que logren plantaciones libres de él. ▀



Árbol que muestra la bifurcación clásica resultado de un ataque de *Hypsipyla grandella*.

Las hembras, después de copular, proceden a ovipositar durante el resto de su vida entre 200 y 450 huevos en total.



Larvas en dieta. Foto: INBIOTECA.

*INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA Y ECOLOGÍA APLICADA, UNIVERSIDAD VERACRUZANA. CORREOS: ENEIDA_JUANZ@HOTMAIL.COM, FRADIAZ@UV.MX, ANADORANTES@UV.MX, DIPEREZ@UV.MX

**PROGRAMA MOSCAFRUT SAGARPA-IICA, TAPACHULA, CHIAPAS
CORREO: PABLO.MONTOYA@IICA-MOSCAFRUT.ORG.MX

LAS CALATOLAS EN MÉXICO

CELSO GUTIÉRREZ BÁEZ Y PEDRO ZAMORA CRESCENCIO*

TAXONOMÍA

Las calatolas son árboles escasos que pertenecen a la familia Icacinacea, en México están representadas por cuatro especies: *Calatola laevigata*, *C. uxpanapensis*, *C. mollis* y *C. costaricensis*.

NOMBRES COMUNES

Estos árboles son conocidos con múltiples nombres, dependiendo de la región geográfica donde habiten: aceituno, azulillo, bola de grangel, boné, chícaro, calatola, calatolazno, colas de rata, jicarilla, mata caballo, nuez, nuez de calatola, nuez de montaña, onmanchinte, palo tinta, tlalchtlátsi (totonaco) y zapote de mono.

CARACTERÍSTICAS

Son árboles altos, llegan a medir hasta 30 m, sus hojas son elípticas aterciopeladas, los frutos son parecidos a las nueces, pueden ser comestibles, presentando sabor a jícama.

DISTRIBUCIÓN

Crece en altitudes que van de los 100 a los 1 300 metros sobre el nivel del mar. Se encuentran en Centroamérica y desde el norte de Sudamérica hasta Brasil y Bolivia.

En México forman parte de la flora silvestre de la vertiente del golfo de México y del pacífico, se localizan principalmente en las laderas de arroyos de las selvas

tropicales, distribuyéndose sobre todo en los estados de Chiapas, Jalisco, Oaxaca, Puebla y Veracruz.

USOS

Las calatolas son utilizadas para generar sombra en los cafetales. Su madera, de buena calidad, es útil para la construcción en general, porque además es inmune a los insectos.

Los frutos son usados como alimento, ya sea crudos o asados; en medicina tradicional son empleados para el tratamiento de los riñones.

La semilla, tostada o molida, es comestible, ya sea como ingrediente de un tipo especial de masa para tortillas o utilizada como si fuera queso rallado; la semilla cruda es tóxica, se aprovecha como purgante.

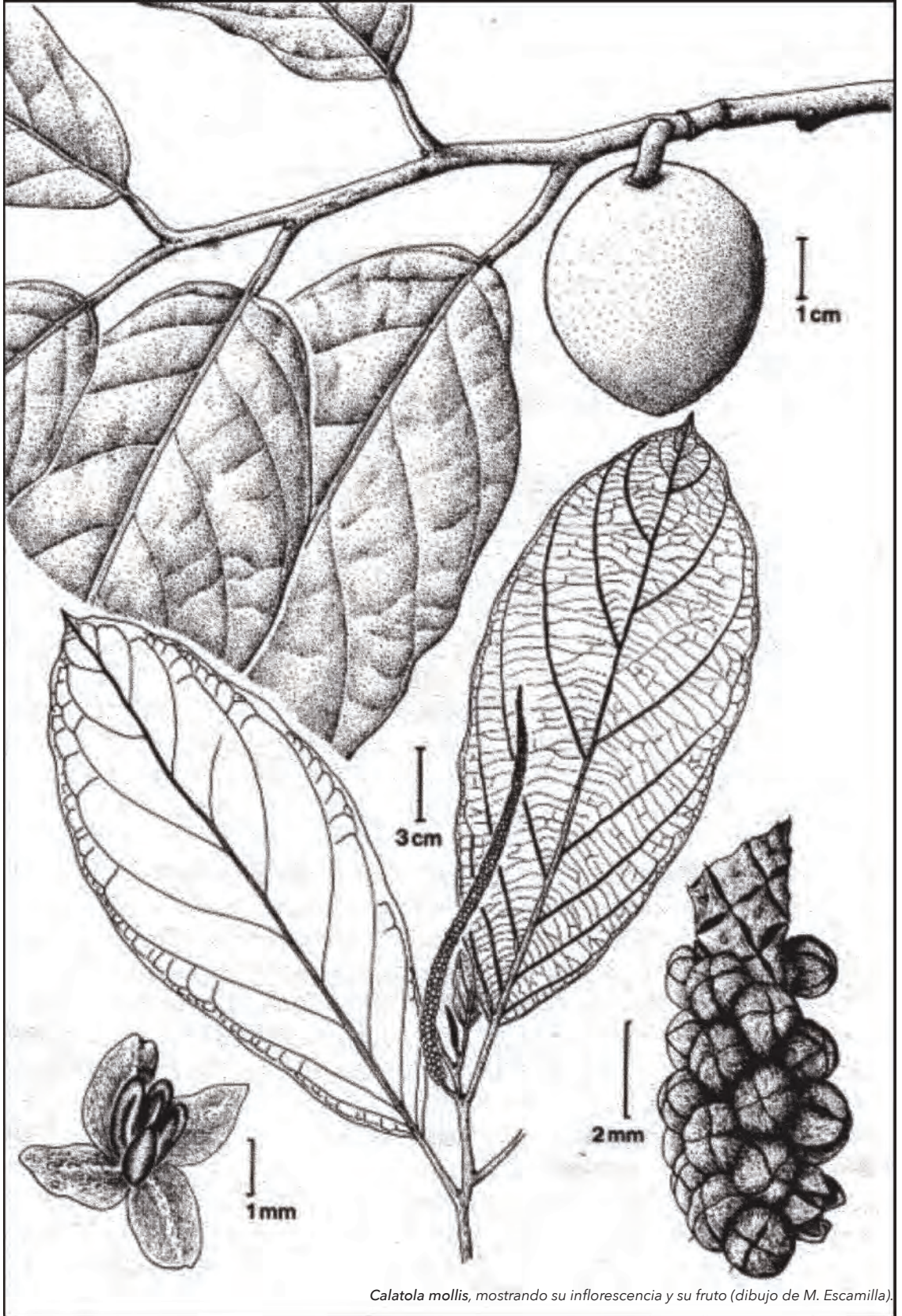
Las hojas también son requeridas en la medicina tradicional, pues masticadas sirven para prevenir la caries dental.

Toda la planta presenta un pigmento azul brillante o púrpura (en mayor concentración en la semilla), que es utilizado para teñir telas.

PROPUESTA DE RESCATE

Las poblaciones en México se encuentran muy reducidas, algunas ya en peligro de desaparecer. Una propuesta para rescatarlas es dar a conocer a los lugareños todas las posibilidades de uso que tienen estas especies (alimento, medicina, tinta, etc.), para que sean ellos quienes las conserven.

Calatola mollis



Calatola mollis, mostrando su inflorescencia y su fruto (dibujo de M. Escamilla).

LOS ÁRBOLES AL SERVICIO DEL AMBIENTE

GONZALO ORTEGA PINEDA* Y JOSÉ MARÍA RAMOS PRADO**

Los sistemas agroforestales aumentan la productividad del terreno, no causan daños al ecosistema y mejoran los ingresos de los productores.

**Una plantación de
café es un buen
ejemplo de Sistema
Agroforestal (SAF).**







Los SAF se constituyen en una opción viable para apoyar la conservación y el manejo sustentable.

La relación que tenemos con la naturaleza es insostenible, nuestras crecientes demandas de bienes y servicios están provocando una severa degradación ambiental. Estamos forjando una historia que deja rastro de múltiples atentados contra innumerables formas de vida y contra nuestra propia existencia como especie en el planeta. Debemos ser conscientes que los ecosistemas a nuestro alrededor no sólo nos dan cobijo y sustento, también nos proporcionan una serie de servicios ambientales indispensables para nuestro bienestar y el del planeta.

Los servicios ambientales son todos los beneficios que las personas recibimos de los diferentes ecosistemas, tanto de manera natural o por medio de su manejo sustentable, ya sea a nivel local o regional; entre ellos, podemos mencionar los hidrológicos, la biodiversidad, captura de carbono, belleza del paisaje, retención del suelo, intervención en el ciclo de nutrientes, protección contra inundaciones, micro y macrorregulación del clima. Dichos servicios influyen de modo directo en el mantenimiento de la vida, generando bienestar y beneficios para las comunidades; se dice que son intangibles porque sabemos que existen, pero su cuantificación y valorización resultan sumamente complejas.

Pese a su importancia, los ecosistemas rara vez son valorados o apreciados por la gente que, pese a habitarlos, considera que no depende directamente de ellos. Es sólo cuando ocurren desastres naturales como incendios, derrumbes e inundaciones que son tomados en cuenta, también cuando son destruidos y sólo quedan despojos de lo que una vez fueron es que se habla de deforestación y sus consecuencias: erosión del suelo y pérdida de la biodiversidad.

La evidencia señala que el dramático trastorno en los ecosistemas del mundo se debe a las presiones provocadas por el cambio de uso del suelo, el incremento en la población humana, el patrón de sus asentamientos y los niveles cada vez mayores de consumo de recursos naturales y energéticos. Estas tendencias, además, amenazan el futuro abastecimiento humano de alimentos y agua, las condiciones de calidad de vida, la salud física y mental

ARRIBA: "POLY-CULTURE" DE CARLA ANTONINI - TRABAJO

PROPIO, CC BY-SA 3.0

de las personas, así como la sobrevivencia de otras especies con las cuales se comparte el planeta (Rosa *et al.*, 2004).

PROMOVER MANEJO ADECUADO

Promover el diseño de prácticas de manejo adecuadas para los diversos ecosistemas es de gran importancia, ya que éstos nos benefician de forma intangible para la obtención de fuentes de agua y otros servicios ambientales. Entre los múltiples servicios que brindan los bosques y selvas se encuentran los hidrológicos, que afectan los flujos de agua en el planeta; entre ellos podemos mencionar: la regulación del régimen hídrico para equilibrar los procesos de precipitación, escurrimiento y evapotranspiración (pérdida de humedad en la tierra por evaporación y transpiración vegetal), también la infiltración de agua, el mantenimiento o mejora de la calidad del agua de ríos, manantiales y pozos, el control de la erosión y la salinización en los suelos, así como la regulación del microclima y el mantenimiento de los hábitats acuáticos.

Un segmento de la sociedad se ha preocupado por la regularidad en el servicio de agua en muchas de las ciudades y comunidades del país, asimismo, por el manejo que se le da a las principales fuentes de abastecimiento y a las represas (Silva *et al.*, 2010). A pesar de esas preocupaciones son escasos los trabajos que nos lleven a entender la problemática de la producción y la valoración cuantitativa del servicio ambiental.

Algunos agricultores testigos de la escasez del agua, del agotamiento de especies forestales comerciales, del deterioro de la fertilidad de los suelos y de la desaparición o disminución de la fauna, se han visto obligados a buscar alternativas para disminuir las consecuencias de la deforestación, eso ha impulsado el establecimiento de formas primarias de sistemas agroforestales, como huertos frutales, cercos vivos, árboles aislados y pequeños bosques en los potreros, de esa forma buscan armonizar la conservación con el beneficio económico.

La tecnología utilizada en los SAF es una combinación de elementos agrícolas y forestales.



Sistema de siembra en hileras alternadas.



Los sistemas agroforestales poseen ventajas sobre los monocultivos para responder a la demanda de una agricultura multifuncional que brinde servicios ambientales.

Los problemas que causan los deficientes sistemas de producción agrícolas y pecuarios actuales han provocado la destrucción de bosques y selvas, originando graves consecuencias, como la pérdida de biodiversidad y la contaminación del suelo y agua con agroquímicos, contaminación que se genera debido a que resulta más económico y requiere menos trabajo físico utilizar compuestos químicos para controlar plagas, enfermedades y malezas, además de que apoyan la fertilidad del suelo con el fin de mantener la tierra productiva.

Por su parte, la compactación del suelo y las prácticas de labranza erosionan el sustrato necesario para el cultivo de alimentos, provocando que no se alcancen los rendimientos por hectárea que antes se tenían. Cada año la producción es menor y se elevan los costos, ya que se debe recurrir a fertilizantes que provean las sustancias requeridas por los suelos para la optimización de la producción. Actualmente, la degradación de la tierra pone en serios problemas a los agricultores que, por si fuera poco, también tienen que luchar contra los problemas causados por la crisis económica.

SISTEMAS AGROFORESTALES

Al ritmo actual de explotación irracional, en un futuro no muy lejano la subsistencia y el desarrollo de toda sociedad puede ser afectada. Ante ese problema una alternativa es la adopción de los sistemas agroforestales (SAF), que se han empleado desde hace tiempo, tanto en el Viejo como en el Nuevo Mundo (Beer et al., 2003). Los SAF son una forma de uso de la tierra en la que especies leñosas (árboles) interactúan o están interrelacionadas en un área con cultivos y/o animales, su propósito es la diversificación productiva de paisajes altamente fragmentados y erosionados.

El desarrollo de los servicios ambientales ha progresado lentamente en todo el mundo desde finales de los años cincuenta, adquiriendo fuerza en los setenta y ochenta, gracias al interés de los ecologistas (Conafor, 2010). Según Beer et al. (2003), a finales de los noventa la preocupación sobre los temas relacionados con la protección ambiental se incrementó de manera considerable, un ejemplo de ello es el Protocolo de Kioto, el cual enfatizó los SAF y usos alternativos de la tierra. Rápidamente se reconoció que los SAF poseen muchas ventajas sobre los monocultivos para responder a la demanda de una agricultura multifuncional que brinde servicios ambientales importantes, así como valores estéticos.

Para hacer la clasificación adecuada de un SAF se deben considerar los componentes que lo conforman y su distribución en el espacio y tiempo. De acuerdo con la clasificación hecha por la Sagarpa (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) los tipos de componentes que conforman los SAF se clasifican en: 1) sistemas agroforestales o silvoagrícolas, 2) sistemas agrosilvopastoriles y 3) sistemas silvopastoriles. El primero hace referencia al cultivo de árboles asociados con cultivos agrícolas, el segundo a árboles asociados a cultivos agrícolas y ganadería, y el tercero a árboles asociados a la ganadería.

La valoración de los SAF se distingue como la opción más viable para apoyar la conservación y el desarrollo sustentable. Los servicios ambientales derivados de los SAF están ganando terreno ante investigadores, prestadores

*CENTRO DE INVESTIGACIONES TROPICALES,
UNIVERSIDAD VERACRUZANA

CORREO: GOPC30@GMAIL.COM

**CENTRO DE ECO-ALFABETIZACIÓN Y
DIÁLOGO DE SABERES, UNIVERSIDAD
VERACRUZANA

CORREO: JRAMOS0555@YAHOO.COM.MX

de servicios y autoridades gubernamentales, sin embargo, estos beneficios se obtienen a mediano y largo plazo, siendo poco tangibles para los productores y casi desconocidos para muchos de los beneficiarios.

ALTERNATIVA SUSTENTABLE

La viabilidad de cualquier proyecto, programa o política, desde los puntos de vista ambiental y económico, tiene un peso considerable a la hora de tomar decisiones, desafortunadamente, debido a los ritmos actuales de vida, las crisis económicas y el afán de obtener mejores ganancias, estas decisiones son influenciadas por los factores monetarios y en menor grado por los ambientales.

En la actualidad los servicios ambientales están siendo sacrificados con el fin de aumentar los niveles de producción y de ingresos del sector agropecuario, por tal motivo es recomendable promover la diversificación basada en los SAF, ya que éstos representan una buena alternativa productiva y económica, además de tener la capacidad para recuperar la fertilidad de terrenos degradados.

La tecnología utilizada en los SAF es una combinación de elementos agrícolas y forestales para hacer un uso más eficiente de la tierra. Al conjuntar tales factores es posible aumentar la productividad del terreno, mantener la sustentabilidad (no causar daños al ecosistema) y mejorar los ingresos de los productores.

En conclusión, los sistemas agroforestales son de los pocos tríos que funcionan y dejan a todos felices, porque relacionan ambiente, sociedad y economía, mejorando las condiciones de vida de los productores; por otra parte, las personas que aparentemente no los habitamos de manera directa, tendremos la oportunidad de seguir disfrutando de todos los servicios ambientales que ofrecen y por los que ahora no pagamos factura, aunque un día de éstos nos podría llegar con todo y recargos. ■

LECTOR INTERESADO:

Beer, J., C. Harvey, I. Muhammad, H. Michel y E. Somatriba. (2003). Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas*, 49:80-87.

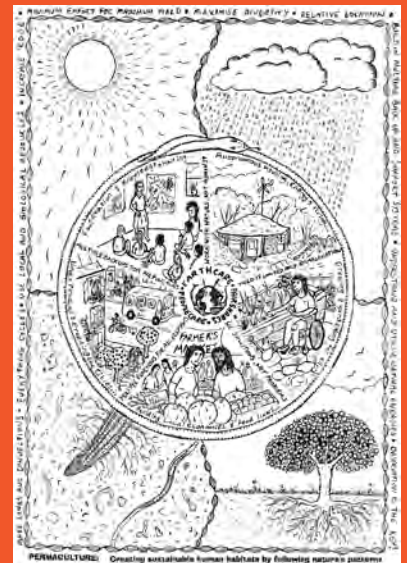
Conafor. (2010). En: www.conafor.gob.mx

Rosa, H., S. Kandel y L. Dimas. (2004). Compensación por servicios ambientales y comunidades rurales. *Lecciones de las Américas y temas críticos para fortalecer estrategias comunitarias*, México: Prisma/INE-Semarnat/CCMSS.

Sanchez, V.L., G. Galindo y F.F. Díaz. (2008). *Ecología, manejo y conservación de los ecosistemas de montaña en México*. México: Mundi-Prensa.

Silva, F.R., V.G. Pérez y C.J. Návar. (2010). Valoración económica de los servicios ambientales hidrológicos en El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. *Madera y Bosques* 16(1):31-49.

Los SAF son de los pocos tríos que funcionan y dejan a todos felices.



ARRIBA: "PERMAMANDALA" DE GRAHAM BURNETT -

PERMACULTURE, A BEGINNERS GUIDE, CC BY-SA 3.0

**Los cercos vivos son
pequeñas reservas que
albergan gran variedad
de plantas nativas y
diversos organismos.**



MÁS ALLÁ DE UNA LÍNEA DE ÁRBOLES

GREGORIA ZAMORA PEDRAZA Y JUAN CARLOS LÓPEZ ACOSTA*

Los cercos vivos contribuyen a la necesaria y fructífera armonización entre agricultura, ganadería y conservación del entorno natural.

Cada vez que realizamos algún recorrido por las carreteras de nuestro país, podemos apreciar paisajes que son producto de la acción humana, los cuales tienen características biológicas que complementan nuestro entorno natural: potreros, grandes pastizales, plantaciones forestales, pequeñas formaciones de bosque, así como líneas de árboles entre los campos de cultivo y ganado, las cuales son usualmente conocidas como cercos.

Acaso pueda pensarse que dichas líneas son un “arreglo en la naturaleza” no meritorio de conservación, ya que en general se tiende a valorar y resguardar solamente regiones que cuentan con extensas áreas de bosque, sin embargo, la diversidad biológica que albergan los árboles fuera del bosque es significativa. Propiciadas por el hombre, pero sin estar bajo protección, estas formaciones vegetales permiten tanto la conservación como el aprovechamiento de los recursos naturales.

Esos espacios, ubicados en medio de extensas pasturas y cultivos, contrario a lo que pudiera pensarse, constituyen pequeñas reservas que albergan gran variedad de plantas nativas y diversos organismos que con un manejo adecuado llegan a contribuir de manera importante al sustento de los productores.

TIPOS DE CERCO

Un cerco vivo es una alineación de árboles o arbustos plantados o colocados con muy poco espacio entre ellos, que forma una especie de muro utilizado para dividir áreas con diferentes funciones, como proteger los cultivos y dar sombra al ganado. Es importante distinguir que muchas personas favorecen el uso de otra clase de cercos, los denominados cercos muertos: postes de madera, acero o cemento, unidos con varias líneas de alambres de púas; sin embargo, la diferencia es significativa entre ambos tipos.

En general, los cercos vivos tienen grandes ventajas. Son más duraderos, mientras que los postes muertos deben renovarse regularmente o requieren maderas duras, escasas y costosas. Resultan económicos, pues eliminan la necesidad de comprar alambre de púas y cla-

vos. Son eficientes, las cercas de alambre con dos o tres cuerdas dejan pasar a los animales pequeños.

No obstante, el cerco vivo presenta algunos inconvenientes. Su mantenimiento a veces es lento y difícil, es un problema si no hay suficiente material de siembra disponible y, a menudo, durante el establecimiento hay que protegerlo de los animales.

MUROS VIVIENTES

Algunos cercos sólo tienen una o dos especies de árboles dominantes, mientras que otros son mucho más diversificados al respecto y en términos de su uso, el cual puede ir más allá de la delimitación de predios. Hay cercos forrajeros, en los cuales se usan hojas, ramas y flores para alimentación animal (guácimo, tiguilote y ramón); de leña, en donde se extraen ramas y tronco (huizache y guamúchil); maderables, cuyos árboles al alcanzar cierta talla pueden ser utilizados para la elaboración de piezas de carpintería (caoba, cedro, roble y laurel); aboneros, donde las especies se emplean para obtener abonos verdes o acolchados (guaje); frutales, que contienen árboles con frutos comestibles (aguacates y cítricos); de fibra, en los que se obtiene material para la elaboración de papel y artesanías (pita y agave).

También existen cercos paisajísticos u ornamentales cuya única finalidad es el embellecimiento del paisaje local o mixto. En ellos podemos encontrar una combinación de especies de distinta utilidad, por ejemplo, en algunos lugares es común que el izote, que tiene usos alimenticios, medicinales u ornamentales, se combine con árboles de ciruelo, jocote, durazno o pera, los cuales se aprovechan para obtener frutas de temporada. De igual forma, destaca la combinación con el poró, madre cacao y el sauco negro.

Se han diseñado cercos para la conservación de la biodiversidad, en los cuales se establecen especies (laurel, guanacaste y amates) que promueven la llegada de vegetación y avifauna regional, así como la conservación del suelo. Para lograr ese fin, algunas de estas especies no se podan con frecuencia, como el palo mulato y el



madre cacao, con lo que se convierten en “pasillos verdes” conectados a fragmentos de bosque. Otro ejemplo es el guaje, que se usa para forraje y se puede encontrar asociado con el maíz, combinación que aumenta la fertilidad de los suelos.

Las especies se seleccionan de acuerdo con las condiciones de cada sitio: el tipo de suelo, la pendiente del terreno, la cantidad de lluvia y la temperatura, entre otros factores.

No es correcto tratar de introducir una especie desconocida, por muy valiosa que sea, lo que resulta indispensable es tener un conocimiento sobre el entorno local y evitar utilizar especies tóxicas tanto para los animales domésticos como para los silvestres.

Es preferible elegir árboles, arbustos o plantas de acuerdo con los productos de interés para la finca o el mercado, es decir, que sean de fácil propagación y se disponga del material para dicha propagación (semilla, plántula o estaca); asimismo, se recomienda manejar siempre especies locales, ya que tienen menos necesidades de mantenimiento, a la vez que generan una amplia red de interacciones con la fauna local. Una opción viable y aconsejable es combinar especies con valor económico y ecológico.

SUS BONDADES

Los cercos vivos cumplen funciones importantes en la conservación, pues los árboles aumentan la diversidad biológica, proporcionando en sus ramas, raíces y en la hojarasca, hogar para organismos como aves, iguanas, mariposas, abejas y murciélagos, entre otros; al mismo tiempo, proveen comida a muchos animales a partir de sus hojas, savia y néctar, además de brindarles protección esencial durante etapas críticas de sus ciclos de vida. Estos muros vivos facilitan los movimientos de la fauna al fungir como “autopistas biológicas” en medio de los paisajes agropecuarios, conformando una red de interconexiones.

Entre otros servicios que otorgan se puede mencionar, como uno de los más importantes, la conservación del suelo, pues las raíces de los árboles lo retienen, evitando su degradación y que sea arrastrado por el agua o viento; también mejoran su fertilidad, aumentando la materia orgánica del terreno a través de la caída de hojarasca. Vemos así que estas barreras vegetales refuerzan la función del ecosistema, mas su funcionamiento adecuado dependerá de su ubicación, el tipo de cerco seleccionado, la composición de la vegetación y el manejo que se le otorgue.

Con un manejo adecuado, abonán de manera importante al sustento de los productores.



En conclusión, cada vez que observemos un cerco vivo en el paisaje rural, recordemos que son bastante importantes como para no tenerlos en cuenta, pues constituyen fuentes de recursos naturales y soportes de diversidad biológica. Es fundamental difundir las bondades de su presencia en los paisajes que son producto de la acción humana, ya que su desarrollo contribuye a la necesaria y fructífera armonización entre agricultura, ganadería y conservación del entorno natural. ▀

LECTOR INTERESADO:

Geilfus, F. (1994). *El árbol al servicio del agricultor. Manual de agroforestería para el desarrollo rural. Principios y técnicas*. Turrialba: ENDA Caribe/CATIE.

Ospina, A.A. (1996). *Generalidades agroforestales de cercas vivas y barreras rompevientos*. Cali, Colombia: Fundación Ecovivero.

*CENTRO DE INVESTIGACIONES TROPICALES (CITRO), UNIVERSIDAD VERACRUZANA

CORREOS: YIYI_100T@HOTMAIL.COM, JCARLOS1975@YAHOO.COM



RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS: ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

ALEJANDRA VELASCO PÉREZ, JOSÉ GUADALUPE VIAN PÉREZ,
JOSÉ VICENTE MARTÍNEZ Y LUIS ALBERTO SÁNCHEZ BAZÁN*

La generación de desechos se ha disparado, propiciando la creación de mecanismos e infraestructura adecuados para su correcta disposición o confinamiento.

Ante el problema de la deficiente disposición de los residuos generados por la población, los rellenos sanitarios han sido una alternativa, la cual comienza a ser inviable debido a las grandes extensiones de terreno que requiere. Por lo anterior, se han desarrollado tecnologías para minimizar la cantidad de residuos a disponer y, de forma paralela, darles valor agregado.



Dentro de esas tecnologías de tratamiento se encuentran los métodos térmicos y los biológicos. Ambas opciones presentan beneficios como la producción de energía, siendo los térmicos los que más energía rinden: 350 kW por tonelada de residuo contra 120 kW generados mediante digestión anaerobia, aunque, cabe mencionar, los procesos biológicos emiten menos gases tóxicos a la atmósfera. Ante esto es importante realizar un análisis de la necesidad de infraestructura, así como del beneficio energético e impacto ambiental de cada tecnología, con la finalidad de determinar la más viable.

El desarrollo industrial y la urbanización de las sociedades tienen como consecuencia directa mayor demanda de materias primas para satisfacer el creciente consumo de bienes y servicios de las poblaciones. En tal contexto la generación de residuos de distintos tipos se ha incrementado de forma impresionante, propiciando la creación de mecanismos e infraestructura adecuados para su correcta disposición o confinamiento.

En un esfuerzo por lograr un manejo sustentable, se han estudiado y explorado distintas alternativas tecnológicas encaminadas a su valorización, es decir: darle valor a esos materiales que comúnmente se denominan "de desecho", minimizando hasta donde sea posible la cantidad de residuos a disponer.

CONSECUENCIAS DE SU INADECUADA DISPOSICIÓN

Se puede afirmar que el principal problema ligado a la generación de residuos, es su disposición inadecuada. Por ejemplo, los tiraderos a cielo abierto atraen y facilitan la proliferación de insectos, aves y mamíferos que pueden transmitir enfermedades como cólera, salmonelosis, dengue y amebiasis, entre otras.

Así también, los residuos dispuestos de modo incorrecto son contaminantes de suelo, agua y aire. Durante el proceso de descomposición de los residuos se generan gases como el bióxido y monóxido de carbono (CO_2 y CO , respectivamente), metano (CH_4), ácido sulfhídrico (H_2S) y compuestos orgánicos volátiles (como el benceno y acetona), los cuales son tóxicos, generan malos olores y contribuyen al cambio climático.

Además de gases, durante la desintegración de los residuos se generan lixiviados, que son líquidos (agua que proviene de la descomposición de los residuos y de la lluvia que se filtra a través de ellos) con alto contenido de sustancias orgánicas e inorgánicas. Estos lixiviados contaminan el suelo y el agua, constituyendo un riesgo para la salud de los seres vivos. Cabe mencionar que el grado de contaminación provocado al ambiente depende en gran medida del tipo de residuo que se disponga.

Se denomina residuo a todo aquel material (en estado sólido, líquido o gaseoso) u objeto que ha dejado de tener la función para la cual fue creado, y al no cumplir su propósito original es eliminado. De acuerdo con sus características y origen, los residuos pueden clasificarse en: a) residuos sólidos urbanos (RSU), aquellos que se generan en las casas-habitación o como resultado de las actividades económicas o cualquier otra actividad desarrollada dentro de establecimientos o en la vía pública, y que tienen características domiciliarias; b) residuos peligrosos (RP), aquellos que poseen características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o agentes infecciosos, así como los envases o embalajes contaminados con ellos; y

Se denomina residuo a todo aquel material (en estado sólido, líquido o gaseoso) u objeto que ha dejado de tener la función para la cual fue creado.



RESIDUOS ORGÁNICOS 52%

c) residuos de manejo especial (RME), los que no reúnen las características para ser considerados RSU o RP. La mayor cantidad de residuos generados corresponde a RSU.

EL CASO DE MÉXICO

En nuestro país existen tres tipos de sitios de disposición de residuos: rellenos sanitarios, sitios controlados y tiraderos a cielo abierto.

En México, 70% de los residuos generados corresponde a sólidos urbanos, cuya producción asciende a 42 106 035 toneladas anuales, equivalentes a 115 359 toneladas diarias y 0.99 kg/habitante/día, siendo las metrópolis las zonas con mayor aportación. En cuanto a la composición de los RSU, se advierte que los países en vías de desarrollo generan mayor cantidad de residuos orgánicos (de comida, jardín y similares) en comparación con países desarrollados. Así, en 1950, cuando comenzó la transición económica de México, el porcentaje de residuos orgánicos generados correspondía a 70%, en la actualidad dicha fracción ha descendido hasta un valor de 52%.

Por lo anterior, es importante realizar acciones encaminadas a evitar la presencia de estos restos en el ambiente, y para lograrlo deben ser confinados en sitios especiales. En nuestro país existen tres tipos de sitios de disposición: rellenos sanitarios, sitios controlados y tiraderos a cielo abierto. El relleno sanitario constituye la mejor alternativa para la disposición de los RSU. En este tipo de infraestructura los residuos son compactados y recubiertos con capas de tierra, además se controla la fuga de lixiviados y del biogás generado (metano, bióxido de carbono y otros), minimizando al máximo los efectos nocivos de la basura. Desafortunadamente, esta opción requiere grandes extensiones de tierra, por lo cual comienza a ser inviable.

Los sitios controlados son similares, en infraestructura y operación, a los rellenos sanitarios, sin embargo, en ellos no se controla el flujo de los lixiviados generados, suponiendo graves efectos ambientales. Los tiraderos a cielo abierto son sitios en donde los residuos son depositados sin separación ni control alguno. En la república mexicana operan 196 rellenos sanitarios, donde se disponen 71.9% de los residuos generados, el resto es depositado en tiraderos a cielo abierto u otros sitios.

Por otro lado, es importante señalar que el manejo integrado de los residuos involucra las operaciones de: recolección, selección, reciclaje, tratamiento y disposición final. Las actividades de selección y reciclaje minimizan la cantidad de RSU a disponer, permitiendo también la recuperación de materiales (como metales y plásticos). Así, las prácticas de reducción y reúso se fomentan como medidas para disminuir la generación de residuos.

Después de las actividades de reciclaje, reducción y reúso, se encuentran las diversas alternativas de tratamiento para la reducción del volumen de residuos a confinar. Mediante ese tratamiento se reduce considerablemente el potencial contaminante de los residuos y se obtienen productos útiles, como combustibles y energía, logrando la valorización de los mismos.



Como ya se mencionó, el manejo de los residuos puede llevarse a cabo mediante tecnologías de tratamiento térmicas (por adición de calor) o biológicas (mediante empleo de microorganismos).

TRATAMIENTOS TÉRMICOS

Son procesos químicos en los que se lleva a cabo la degradación de los residuos mediante adición de energía térmica. Los residuos que no pueden ser separados o tratados por otro método son procesados vía conversión térmica, extrayendo energía y recuperando metales. La energía producida puede ser convertida en vapor de proceso para la industria o en electricidad. En conjunto, las tecnologías térmicas son referidas como WTE (por su acrónimo en inglés waste to energy), y engloban la combustión, la pirólisis y la gasificación. Mediante estos procesos los residuos se reducen, en promedio, 75% en su masa y 90% en su volumen.

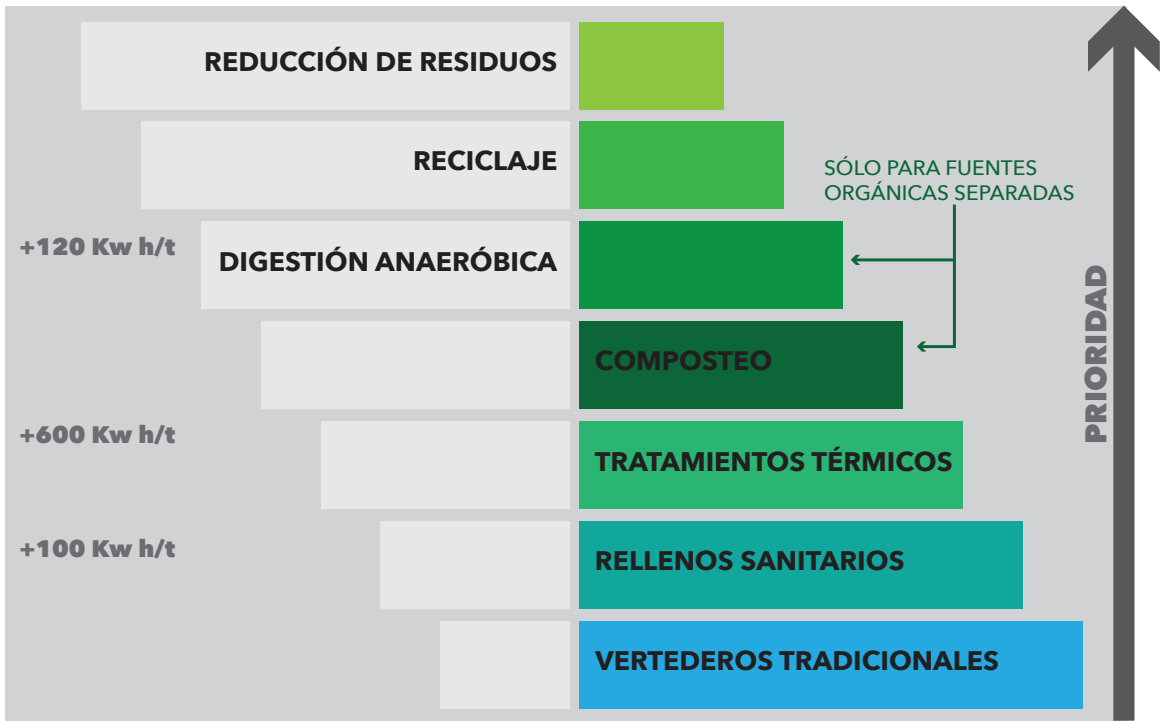
La combustión (o incineración) es una tecnología eficaz, ya que disminuye la cantidad de residuos en 95%. Mediante ella los residuos se queman con temperaturas que llegan a 1200°C, por lo que requiere gran cantidad de oxígeno –el cual es suministrado por el aire–, generando principalmente bióxido de carbono, agua y cenizas. La energía producida con el calor liberado es de 685 kW·h (kilovatio por hora) por tonelada de residuo, empleando 339 kW·h durante el proceso.

En el caso de la pirólisis se favorece la transformación de los residuos en gases como metano (CH_4), hidrógeno (H_2) y monóxido de carbono (CO) en condiciones de ausencia de oxígeno. El proceso se lleva a cabo con presiones mayores a la atmosférica y temperaturas de hasta 700°C. Al utilizar los gases combustibles se puede generar 544 kW·h por tonelada de energía y el proceso sólo consume 78 kilovatios por hora.

Mediante el proceso de gasificación se busca la conversión de los residuos en gases combustibles (metano e hidrógeno, principalmente), por lo que se someten a una incineración parcial, requiriendo menor cantidad de aire (oxígeno) que una total. El proceso opera a temperaturas de hasta 1100 °C. Al combustionar el metano e hidrógeno generado se producen hasta 685 kW·h por tonelada de residuo y se requiere la misma cantidad de energía que para un proceso de combustión.

Al aplicar cualquiera de los tres métodos térmicos se producen cenizas, de las cuales se pueden recuperar metales, y en el caso de la gasificación, estas cenizas pueden utilizarse como material para la construcción, por su naturaleza vítrea. En cuestiones energéticas, la pirólisis representa mayor rendimiento, ya que ofrece una ganancia neta de energía de 466 kW·h por tonelada de residuo, en cambio la combustión y gasificación tienen ganancias netas de 345 kW·h por tonelada. En cuestiones de impacto ambiental, las tres tecnologías generan gases nocivos para la atmósfera y la salud

En los tratamientos térmicos se lleva a cabo la degradación de los residuos mediante adición de energía térmica.



humana, como el ácido clorhídrico (HCl), sulfuro de hidrógeno (H₂S), amoníaco (NH₃), cianuro de hidrógeno (HCN) y óxidos de nitrógeno. Por ello conviene evaluar todos los criterios antes de elegir la tecnología a emplear.

TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS

Los tratamientos biológicos explotan el metabolismo microbiano, es decir, son los microorganismos quienes se encargan de transformar los residuos.

Los tratamientos biológicos explotan el metabolismo microbiano, es decir, son los microorganismos quienes se encargan de transformar los residuos en otros productos útiles y estabilizados. Por lo anterior, están orientados a residuos orgánicos, planteando la necesidad de separar los residuos desde los hogares o en la industria. Dentro de esta clase de tecnologías se encuentra el composteo y la digestión anaerobia.

Composteo es el mecanismo a través del cual los microorganismos transforman la materia orgánica presente en los residuos, bajo condiciones aerobias (presencia de oxígeno). El principal producto de este proceso es la composta, que puede ser utilizada como acondicionador o mejorador del suelo, ya que le aporta materia orgánica con contenido idóneo de nutrientes como nitrógeno y fósforo, aumenta su capacidad de retención de agua y reduce la necesidad de emplear fertilizantes químicos.

La digestión anaerobia consiste en la degradación biológica de la materia orgánica en condiciones de ausencia de oxígeno. Los procesos de digestión anaerobia ocurren normalmente en la naturaleza, siendo los nichos de estos procesos el fondo de los ríos, lagos y mares, las ciénagas y el tracto intestinal de los animales, donde la concentración de oxígeno es nula o mínima. Entonces, la aplicación de este método al tratamiento de residuos es una intensificación tecnológica de los procesos que ocurren de manera natural.

El principal producto de la digestión anaerobia es un biogás compuesto por metano (>60%) y bióxido de carbono (<40%), con trazas de sulfuro de hidrógeno, amoníaco, hidrógeno y nitrógeno. Debido a la composición del gas, puede ser utilizado para generar energía eléctrica o energía en forma de calor. En adición, la combustión de ese gas libera dióxido de carbono neutral, es decir, sin efecto nocivo como el de otros gases de efecto invernadero.



*FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS-ORIZABA,
UNIVERSIDAD VERACRUZANA
CORREO: ALVELASCO@UV.MX

DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS

Después de conocer y analizar las diversas opciones, se puede establecer una jerarquía que tome en cuenta los impactos ambientales. Bajo esta premisa, en orden de prioridad se encuentran las actividades de reuso, reciclaje y recuperación de materiales, seguidas de las tecnologías tendientes a la recuperación de energía: digestión anaerobia, composteo y tratamientos térmicos. Los puntos a favor de la digestión anaerobia sobre el proceso biológico de composteo y tratamientos térmicos son que se recupera energía (alrededor de 120 kW·h por tonelada de residuo), la combustión del biogás genera CO₂ neutral y rinde también un producto benéfico para la tierra, lo cual supone beneficios ambientales y económicos.

Con base en lo anterior se puede concluir que uno de los principales efectos adversos del desarrollo económico de las sociedades es el incremento en la generación de residuos, provocando severos daños a los ecosistemas y con ello a la salud de los seres vivos. Por esta razón, el desarrollo de tecnologías para el tratamiento y valorización energética de los desechos ofrece tanto ventajas como desventajas que conviene analizar con la finalidad de elegir la más viable, dependiendo del caso que se trate. Por ejemplo, el proceso de digestión anaerobia es ambientalmente recomendable y ofrece beneficios energéticos, sin embargo, requiere la separación de los residuos, haciendo prioritaria la difusión de ese hábito y la creación de la infraestructura necesaria para materializar y mantener esas acciones.

Finalmente, cabe resaltar que en países en vías de desarrollo lo que limita de forma considerable la implementación de los métodos descritos son los costos de transferencia tecnológica, ya que representan hasta 60% de la inversión económica inicial. Entonces, es tarea de los centros de investigación y escuelas de educación superior de nuestro país seguir en la búsqueda de técnicas que puedan implementarse a bajos costos. ▀

VERMI- COMPOSTAJE EN CASA: RECICLANDO RESIDUOS ORGÁNICOS

VANESA COTLAME SALINAS, JUAN MANUEL PADILLA FLORES,
OCTAVIO MALDONADO SAAVEDRA Y JOSÉ ERNESTO DOMÍNGUEZ HERRERA*

Es una estrategia encaminada a reducir en nuestros hogares los residuos orgánicos y beneficiarnos ecológicamente de ellos.

Con el constante aumento de la contaminación atmosférica y terrestre en el planeta Tierra, la búsqueda de alternativas para la remediación ambiental se vuelve cada vez más importante. Entre dichas alternativas se encuentra el reaprovechamiento de los desechos generados por el ser humano a través del reciclaje, que es el acto mediante el cual distintos materiales son transformados en otros productos de utilidad, en lugar de ser desechados. El proceso de reciclaje de basura se vuelve más laborioso y de alta inversión cuando los distintos tipos de desechos son mezclados entre sí, ya que esto implica procesos más elaborados en las técnicas de separación y clasificación.

El reciclaje de materiales inorgánicos, como el pet, vidrio, aluminio y otros metales, es ampliamente practicado, pero la reutilización de los desechos orgánicos no ha tenido el mismo impacto en la sociedad. Si bien existen algunas técnicas que reutilizan la materia orgánica con fines de producción y fertilización, como la aplicación de residuos de origen orgánico, los abonos verdes y los de origen animal, esas técnicas son utilizadas de forma casi exclusiva en zonas agrícolas.

En búsqueda de volver el reciclaje de residuos orgánicos más atractivo para las zonas urbanas, el presente trabajo tiene como objetivo divulgar información acerca de las características y ventajas que ofrece el vermicompostaje, como una estrategia implementada desde nuestros hogares para reducir residuos orgánicos y beneficiarnos ecológicamente con ellos.

El compostaje y el vermicompostaje son técnicas de degradación de la materia orgánica. En la primera el humano brinda las condiciones necesarias para la transformación de la materia en un producto denominado humus; en la segunda se obtiene el mismo producto, sólo que involucra la acción conjunta de los microorganismos presentes en la descomposición natural de la materia orgánica y de diversas especies de lombrices, entre las que destaca *Eisenia foetida*, mejor conocida como lombriz roja californiana.

PRODUCCIÓN DE HUMUS

El humus es un fertilizante 100% natural que posee innumerables ventajas sobre los fertilizantes químicos. Éstos se producen de manera sintética en la industria, es decir, no existen de manera natural en el medio ambiente, y aunque buscan brindar un beneficio a los cultivos, su producción y utilización genera también desventajas. El uso de fertilizantes químicos en cultivos produce residuos que son tóxicos para el ser humano y el medio ambiente. Si se emplean de manera excesiva pueden dañar los plantíos, acumularse en los mantos freáticos, suelos, aguas superficiales y atmósfera. Aunado a eso, su costo de producción hace que no siempre sean accesibles.

Para la producción de humus mediante el compostaje o el vermicompostaje no se requieren equipos sofisticados ni un gasto energético elevado, además de que no se provoca daño alguno sobre suelos y los cultivos. Ambos procesos de reciclado de materia orgánica son altamente recomendados. El vermicompostaje es un método muy eficiente. El uso de lombrices que digieren los desechos y luego los transforman confiere al humus o



Figura 1. Lombriz californiana (*Eisenia foetida*).

Para la producción de humus mediante el vermicompostaje no se requieren equipos sofisticados ni un gasto energético elevado.



Figura 2. Vermicompostaje al ras del suelo.

abono una buena calidad, ya que incrementa cinco veces el contenido de nitrógeno y de potasio, siete veces el de fósforo y dos veces el de calcio, elementos todos ellos esenciales para el crecimiento de las plantas. Además, también se genera un líquido de color negro conocido como lixiviado (humus líquido) que contiene nutrientes ideales para el cultivo, funcionando de la misma manera que un fertilizante orgánico.

A pesar de que cualquier lombriz puede realizar el proceso de degradación de residuos orgánicos, la lombriz roja californiana ha sido ampliamente utilizada debido a su sorprendente adaptabilidad a distintas variables del ambiente, alta voracidad y rápida reproducción.

LOMBRIZ CALIFORNIANA

Anotemos algunas características de la lombriz californiana para reconocerla: pertenece al grupo de los anélidos, es de color rojo oscuro, mide entre seis y ocho cm de largo y entre tres y cinco milímetros de diámetro, respira por medio de su piel, puede pesar hasta 1.4 gramos, es fotosensible, tiene una longevidad de 16 años y consume diariamente el equivalente a su peso (Figura 1).

El vermicompostaje, además de benéfico, resulta ser de bajo costo y fácil elaboración, por lo que puede realizarse en el hogar con materiales sencillos y fáciles de adquirir. La inversión más grande recae en la obtención de la lombriz californiana, de la cual no se requieren grandes cantidades debido a su alta reproducción.

Un proceso de vermicompostaje dura alrededor de 14 semanas, durante las cuales las lombrices realizan todo el proceso sin necesidad de estarlo evaluando de forma continua. Estos anélidos se alimentan prácticamente de todos los desechos orgánicos generados en casa, excluyendo residuos de cítricos.

Existen dos formas habituales para establecer el hábitat de la lombriz. El primero consiste en el vermicompostaje al ras de suelo (Figura 2), en el cual se utiliza un plástico de polietileno de color negro, sobre el que se deposita el residuo orgánico y las lombrices, colocándose por debajo contenedores a nivel de la tierra para recoger los lixiviados producidos. La segunda forma consiste en utilizar un contenedor en donde las lombrices se reproducen y realizan su digestión; una variante de este método y la más recomendada es el contenedor de tres cajas de plástico (Figura 3) en las que el vermicompostaje es repartido: la caja 1 funciona como recolector de lixiviados provenientes de la caja número 2, la cual contiene a las lombrices californianas y los desechos orgánicos que consumirán, la caja número 3 será agregada siete semanas después de comenzar el proceso y contendrá alimento nuevo, hará que las lombrices emigren de la caja 2 a ella, haciendo posible que en siete semanas más la caja 2 sea removida con humus.



Figura 3. Vermicompostaje en contenedor de tres cajas.

*UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CENTRO DE
 VERACRUZ-CAMPUS CUITLÁHUAC
 CORREOS: 7501@UTCV.EDU.MX,
 NANOTECNOLOGIA@UTCV.EDU.MX,
 MALDONADO@UTCV.UDU.MX,
 JOSE.DOMINGUEZ@UTCV.UDU.MX



Humus listo para utilizarse.

Una vez que el humus sólido y el líquido han sido recolectados pueden ser utilizados como fertilizantes en hortalizas y cultivos. Pero el humus de la lombriz no se limita únicamente al uso como fertilizante, también se han fabricado con él cremas antienvjecimiento, las cuales funcionan gracias a todos los componentes activos que se encuentran dentro de la sustancia producida por las lombrices. También se reportan otros usos, como la elaboración de harina de lombriz, que contiene un alto grado de proteínas y nutrientes.

NUEVOS APORTES

El vermicompostaje es un proceso que ha aportado mucho al desarrollo científico, esto es debido a que la lombriz produce un humus con una concentración elevada de minerales a diferentes escalas (incluyendo la nanométrica) utilizados en diversos procesos. Recientemente se desarrolló un método para que las lombrices produjeran nanopartículas de silicio mediante la ingesta de desechos agroindustriales con alto contenido de silicio, tal es el caso del bagazo de caña, la pulpa de café y la cascarilla de arroz. El silicio de tamaño nanométrico obtenido mediante este bioproceso es más barato en comparación con otros métodos de obtención, pero, y sobre todo, el medio de obtención no contamina.

Actualmente las nanopartículas de silicio pueden utilizarse para la fabricación de recubrimientos con propiedades antiadherentes y resistentes al desgaste y al rayado, en la fabricación de pinturas anticorrosivas e incluso en recubrimientos dentales resistentes al manchado y desgaste. Encontramos así una manera innovadora de sintetizar nanopartículas de silicio utilizando el vermicompostaje.

El uso del vermicompostaje apenas comienza, sin embargo, hace falta divulgar sus beneficios para que se convierta en una solución al problema de los contaminantes orgánicos, así como para disminuir la utilización de fertilizantes químicos que de manera directa repercuten en nuestra salud y el medio ambiente. ▀

LECTOR INTERESADO:

Espíndola, A., A. Martínez, C. Chávez, V. Castaño y C. Velasco. (2010). Novel crystalline SiO₂ nanoparticles via annelids bioprocessing of agro-industrial wastes. *Nanoscale Research Letters* 5:1408-1417.

Majlessi, M., A. Eslami, H. Saleh, S. Mirshafieean y S. Babaii. (2012). Vermicomposting of food waste: assessing the stability and maturity. *Iranian J. Environ. Health Sci. Eng.* 9(1):25.

Lim, S.L., T.Y. Wu, P.N. Lim y K.P. Shak. (2015). The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. *J. Sci. Food Agric.* 95(6):1143-56.

La lombriz roja californiana ha sido ampliamente utilizada debido a su sorprendente adaptabilidad a distintas variables del ambiente, alta voracidad y rápida reproducción.

PÁGINA 47, "EISENIA FOETIDA" DE ROB HILLE, OWN WORK, CC BY-SA 3.0

PÁGINA 48, WORMIBIN BEDDING - DE RED58BILL - OWN WORK, CC BY 3.0

ESTA PÁGINA, "BETTER COMPOST" DE NORMANACK - OWN WORK, CC BY 3.0

LA RESTITUCIÓN DE MARTINE DE BERTEREAU

PIONERA DE LA GEOLOGÍA ECONOMICA

MARÍA ANGÉLICA SALMERÓN

Algunos, viendo en el frontispicio de este discurso el nombre de una mujer, me juzgarán al mismo tiempo capaz más bien de la economía de una casa y de las delicadezas usuales de este sexo, que capaz de perforar y cavar en las montañas y juzgar de manera muy exacta los grandes tesoros y bendiciones encerradas y ocultas en ellas. Opiniones verdaderamente perdonables a los que no han leído las historias antiguas, en las que se ve que las mujeres no han sido solamente belicosas y valerosas con las armas, sino también doctas en la filosofía, y que han enseñado en las escuelas públicas entre los griegos y romanos.

Martine de Bertereau

De entre las ondulantes capas del subsuelo, de ese mundo subterráneo en donde yacen los innumerables recursos que solamente son conocidos por quienes osan sumergirse en la profunda oscuridad de sus minas y explotan sus yacimientos, emerge el nombre de Martine de Bertereau, quien, ciertamente -y no sólo como una metáfora-, es una verdadera mina cuya riqueza está aún por explotarse. Y es que hallamos en ella a una destacada ingeniera de minas a quienes muchos consideran como la primera geóloga.

A MONSEIGNEUR
L'EMINENTISSIME
CARDINAL DVC DE
RICHELIEU.

SONNET.

ESPRIT prodigieux, Chef-d'œuvre de Nature,
Elixir espuisé de tous les grands Esprits,
Puisque vous conduisez nostre bonne aventure,
Arrestez vn peu l'œil sur ces diuins Escrits.

Ces Escrits sont desseins, pour vne Architecture;
Dont la sainte Beauté vous rendra tout esprit;
Le Soleil & les Cieux conduisent la structure,
Et vous, vous conduirez cet ourage entrepris.

La France & les François vous demandent les mines;
L'or, l'argent, & l'azur, l'aymant, les calamines,
Sont des Threfors cachez de par l'esprit de Dieu.

Si vous autorisez ce que l'on vous propose,
Vous verrez (MONSEIGNEUR) que sans metamor-
phose,
La France deuiendra bien-toft vn Riche-Lieu.

MARTINE DE BERTEREAU.

Para continuar con la metáfora digamos que de entre las profundidades del subsuelo de la ciencia geológica, cabe ahora explotar a este recurso femenino, que bien puede ponernos sobre la pista de los antecedentes de donde han derivado nuestros actuales conocimientos, antecedentes en los que, además, estaremos obligados a reconocer la aportación de las mujeres pues, aunque parezca una exageración, hay que señalar que de entre “la centena de mujeres que han hecho aportaciones en distintos ámbitos de la geología, desde el siglo XII hasta la primera mitad del siglo XX” –según revela la investiga-

découverte des mines et minières (París, 1632) y *La restitution de Pluton* (París, 1640), informaban de las minas y yacimientos minerales de Francia y su propósito era demostrar al rey cómo podía ser el gobernante más rico de Europa por medio de la explotación de los recursos minerales del país. Beausoleil hablaba de metalurgia general, tipos de minas, fundiciones, ensayo de metales y métodos científicos para localizar yacimientos.

En esta apretada síntesis podemos apreciar que el trabajo de la baronesa consistía en un constante ejercicio

DISTINTAS Y DISTANTES: MUJERES EN LA CIENCIA

ción realizada por Fernández, Uskola y Nuño-, si buscamos sus huellas en los habituales textos científicos, no habremos de hallar las de ninguna de ellas.

A medida que avanzan las investigaciones sobre las aportaciones de las mujeres en las distintas ramas de la ciencia, quedamos sorprendidos tanto por su cantidad como por la calidad y originalidad de sus trabajos. Tal es el caso de Martine de Bertereau, quien por sus investigaciones sobre yacimientos minerales ha llamado la atención de estudiosos y científicos, quienes –como decíamos anteriormente– no han vacilado en considerarla como una de las primeras geólogas, motivo por el cual podemos también decir que su trabajo marca un hito en este campo de la ciencia tan poco estudiado en relación con su genealogía femenina.

Dado que la incursión de las mujeres en semejante territorio está todavía por conocerse mejor, la figura de la baronesa de Beausoleil aparece como un claro ejemplo del inmenso yacimiento femenino cuyas aportaciones a la ciencia deben ser ya reconocidas. Aportaciones que, en el caso concreto de esta mujer, no han sido del todo bien recibidas y tampoco adecuadamente valoradas, porque toda su obra –sus libros, sus teorías y sus procedimientos– viene envuelta en acusaciones de magia y brujería que no sólo le han privado de un lugar en la ciencia, sino que además la condujeron a un trágico final. Pese a ello, y de acuerdo con las actuales investigaciones, lo cierto es que Martine de Bertereau merece con todo derecho un lugar en la historia de la geología, pues como ha señalado Margaret Alic:

La baronesa Martine de Beausoleil quizá haya sido la primera mujer geóloga. Un interés por la minerología llevó a esta aristócrata francesa a dedicar 30 años de su vida al estudio de las matemáticas, la química, la mecánica y la hidráulica. Sus obras, *Veritable déclaration de la*

teórico-práctico, es decir, no únicamente se concentraba en la búsqueda y explotación de las minas, sino que para ello buscaba y establecía teorías, haciéndose de recursos metodológicos, lo cual le permitió combinar distintos conocimientos y estrategias que, puestos en marcha, originaron tanto el descubrimiento de yacimientos minerales como el estudio de los metales y los métodos científicos. Agreguemos ahora a esto que, moviéndose en la frontera de lo que hoy consideramos ciencia, tales procedimientos teórico-prácticos venían aderezados con saberes propios de la época, tales como la alquimia y la astrología, saberes esotéricos que hoy llamamos pseudociencias, pero que en su época eran bastante comunes.

Vistos así, habremos de decir que, en términos generales, dichos aspectos de su obra no tienen por qué ir en detrimento del trabajo científico-técnico establecido por la baronesa en sus investigaciones, ni menos servir de engranaje para desactivar el mecanismo de sus aportaciones. Es más: todo ello, en conjunto, nos hace posible establecer la perspectiva correcta desde la cual es posible entender la actividad científica de esta mujer en el ámbito mismo en que se origina y que obliga a reconocer que, como suele suceder en estos casos, no representa sino el signo inequívoco del movimiento telúrico que generan las energías propias de los innovadores.

Para dar cuenta de ello, comencemos por situar a nuestra geóloga en su tiempo y su espacio y veamos así cómo, desde los mismos cimientos de un terreno que comienza a producir nuevos conocimientos, brota la figura firme y decidida de una mujer que no se conformó con el papel histórico que le tenía reservada su condición femenina, sino que, apremiada por los lejanos horizontes que presentía allende los muros del hogar, se lanzó de lleno a la aventura incierta de la vida, equipándose en su viaje con todo tipo de saberes para toparse

con un nuevo mundo por descubrir. Y esto es justo lo primero que debemos reconocer en Martine: un incansable afán aventurero que habría de llevarla a explorar el mundo subterráneo, así como un insaciable apetito de conocimientos que la condujo a no desdeñar ningún saber. De este modo, es posible percibir que entre uno y otro de estos aspectos de su personalidad, la baronesa estaba perfectamente preparada para llevar a cabo sus tareas como ingeniera de minas, algo realmente inusitado y asombroso en el siglo xvii.

Aunque no se sabe a ciencia cierta la fecha de su nacimiento (algunos la fijan entre 1578 y 1580 y otros en 1590), todo indica que Martine de Beausoleil nació en Francia en el seno de una familia noble, gracias a lo cual tuvo la oportunidad de recibir una educación tal que desde su niñez la llevó a interesarse en conocimientos de los que años más tarde haría gala, pues llegó a ser una experta en diversas ramas de la ciencia, entre las que sobresalen la química, mecánica, hidráulica, matemáticas y alquimia; asimismo, logró el dominio de varios idiomas: latín, italiano, alemán, español, inglés y hebreo.

Fuera de estos pocos datos, los de su vida son todavía bastante inciertos; de hecho, empezamos a tener realmente noticias de Martine a partir de la primera década del siglo xvii, a raíz de su matrimonio, ocurrido en 1610, con el ingeniero belga Jean du Chatelet, barón de Beausoleil, personaje también un tanto desdibujado del panorama histórico antes de su matrimonio con ella. El hecho no deja de ser atractivo pues, coincidentemente, tampoco se sabe mucho de Jean, a no ser que era un experto mineralogista, uno de los mejores radiestesistas y un alquimista reconocido que había recorrido las minas de buena parte de Europa antes de llegar a Francia, donde conoció a Martine. Todo lo anterior no deja de ser sintomático en cuanto que parece claro que ambos estaban llamados a aparecer en el teatro histórico prácticamente al mismo tiempo. Por ende, cabe hacernos aquí eco de lo que han señalado Pérez y Pascual:

No sabemos con seguridad dónde ni cuándo nacieron los esposos Beausoleil. Basándonos en la información contenida en sus obras, hemos estimado que el marido naciera hacia 1578, y su esposa probablemente a mediados de la década siguiente. Él afirma ser originario de la Lotaringia, región fronteriza entre Alemania y Francia; ella, francesa, de las regiones de Turena o Berry. Ambos aparecen en la escena histórica gracias a la reorganización de las minas por Enrique IV de Francia con

su edicto de 1601 [cuyo] propósito [era] mejorar la producción minera del país (p. 69).

Pues bien, será justo por este edicto que Jean sea llamado a encargarse de la explotación de las minas francesas, y en esos primeros años del siglo el barón hará su aparición en Francia y conocerá a su futura esposa, dando así inicio la historia de ambos personajes, pues es a partir de entonces que empezamos a tener noticias que los muestran siempre unidos, ya sea como matrimonio o como equipo de trabajo. Sabemos así que Jean y Martine permanecen en Francia hasta 1613, pero entonces comienzan una serie de viajes por las regiones mineras de Europa, tras los cuales regresan a Francia en 1626, donde se encargarán de la localización y explotación minera del país.

Cabría entonces decir que Jean y Martine vinieron al mundo el día en que decidieron unir sus vidas; y esto no es solamente una frase trillada o una simple metáfora, es, por el contrario, para los efectos que nos ocupan, el hecho histórico desde el cual se origina y condiciona el marco del lienzo en que se dibuja una página más de la historia de la ciencia. De lo que no podemos dudar es que la vida y obra del matrimonio marcan una pauta para la mejor comprensión del desarrollo de las incipientes ciencias geológicas y mineralógicas. Y por si esto no fuese suficiente, hay también que señalar que dicha unión como pareja y equipo les hizo partícipes de un destino común en cuanto que ese encuentro no sólo les llevó a compartir su vida, sus intereses, su vocación y su obra, sino también su trágico final.

Acusados de brujería y magia, sin que mediara de por medio juicio alguno, fueron confinados a las prisiones donde murieron. Resulta así que ese lugar común de “hasta que la muerte los separe” deja su calidad metafórica y encarna en el dúo de tal forma que hoy por hoy no puede dudarse de que fueron prácticamente unos mártires de la ciencia, o mejor aún, que es la ciencia la que se constituye en el pretexto adecuado para dar paso a las más mezquinas maquinaciones del poder. En cualquier caso, el resultado es el mismo, pues en tanto que cabe aceptar que la vida y la obra de los Beausoleil manifestaron desde siempre un movimiento pendular en el que, oscilando entre la superstición y el conocimiento, la magia y la ciencia, la riqueza y el desinterés, al final sucedió que a ambas -vida y obra- parece haberles ganado la partida la ignorancia, la mezquindad y la ingratitud.

Pero antes de que pagaran con su vida “la osadía de ir más lejos que sus contemporáneos en el estudio de las

ciencias naturales”, como bien ha señalado Alexis Chermette, la labor realizada por el matrimonio marcaría un nuevo rumbo a la actividad minera de la Francia de entonces, pues a ellos se debe la reactivación de una actividad que estaba prácticamente suspendida desde la Edad Media. En efecto, fue gracias al trabajo realizado por la pareja que se descubrieron muchas minas de oro, plata, cobre, hierro, carbón, granate, turquesa y otros minerales. Por ello –según De la Rosa–, los barones de Beausoleil “hicieron fama al encontrar con métodos radiestésicos más de ciento cincuenta minas y gran número de aguas subterráneas”, todo fue logrado por “un par de locos” que, invirtiendo tiempo, esfuerzo y fortuna, se dieron a la tarea de construir la base a partir de la cual sería posible desarrollar los nuevos conocimientos de la entonces extravagante ciencia mineralógica. No es gratuito, pues, que actualmente se reconozca al matrimonio el mérito de ser el mejor equipo descubridor de minas que ha existido, ni que se considere a la baronesa como pionera de la geología.

Quizá la razón que ha llevado a los investigadores a tenerla en tan alta estima se deba precisamente al hecho de que la baronesa no se ciñó únicamente al papel de ser la acompañante infatigable de su marido, sino que fue más lejos y se convirtió ella misma en ingeniera, con lo que, innovando técnicas y proponiendo métodos y teorías, impulsó decisivamente la industria minera, además de ser la voz que se hizo escuchar para exigir el reconocimiento y el pago debidos a los servicios prestados a la corona francesa.

Dichas cuestiones quedan suficientemente acreditadas en los libros que escribió la baronesa. De hecho, se ha señalado que fue Martine quien primero llamó la atención sobre las riquezas minerales de Francia y defendió la teoría de que si se lograban explotar esos recursos, Francia llegaría a ser el país más rico del mundo. Fue justamente por tales convicciones que el matrimonio fue convocado para emprender dicha labor, pero he aquí que, contrario a sus expectativas, una vez alcanzada la meta, los medios prometidos jamás llegaron. En efecto, el matrimonio había invertido no solamente su trabajo sino también su fortuna personal en semejante empresa, de manera que la pareja intentó hacer valer su derecho a la prometida retribución, y la baronesa, mostrando el arrojo y la temeridad que siempre la caracterizó, se dio a la tarea de hacer valer las remuneraciones acordadas.

Nacieron así las dos obras que la baronesa de Beausoleil nos ha legado: *Veritable déclaration de la découverte des mines et mineres de France* y *La Restitution de*

Pluton. En la primera de estas obras, subtitulada “Declaración verdadera hecha al Rey y a nuestros Señores de su Consejo, de los ricos e inestimables tesoros recientemente descubiertos en este Reino”, la baronesa, reclamando al rey el apoyo financiero necesario para sus trabajos, se da a la tarea de hacer el balance de sus logros; en la segunda, dedicada “al Eminentísimo Cardinal Duque de Richelieu”, haciendo ahora alusión al mitológico dios Plutón, que era en aquellos tiempos el símbolo de la minería, la baronesa expone de nueva cuenta los méritos de sus descubrimientos y subraya los beneficios derivados de ellos. Vuelve ahí a la carga y

...reclama el cobro de los débitos adquiridos [con ellos] por la Corona Francesa [enumerando] los hallazgos conseguidos: metales preciosos y cristal de los Pirineos; hierro y plomo argentífero en el condado de Foix; carbón en el valle del Ródano; antimonio, zinc y azufre en el condado de Alais; turquesa en Quercy; rubíes y ópalos en la región de Puy; pizarra y mármol en Normandía y en Bretaña.

Lo más importante de ambas obras es que, además de los reclamos y la relación de sus trabajos, señalan la localización de los yacimientos minerales descubiertos y exponen las concepciones, estrategias y aparatos que evidencian el dominio teórico-práctico que la baronesa tenía de la minería. Dichas obras, y sobre todo la Restitución de Plutón, considerada la más importante, son vistas en general como un verdadero compendio de ciencias, en donde lo mismo se habla de matemáticas que de geología, química, mecánica, hidráulica, mineralogía o metalurgia.

Aunque tales obras no puedan ser consideradas propiamente como tratados de metalurgia y minería (ni era ésta tampoco su finalidad, como apuntan Pérez y Pascual), constituyen un valioso testimonio sobre tales materias, pues en ellas podemos encontrar el “testimonio de primera mano de personas ilustradas que se dedicaron a la explotación de minas de manera profesional en diversos distritos mineros europeos en la primera mitad del siglo XVII”. Al respecto, Alexis Chermette nos hace saber que en tales explotaciones los barones de Beausoleil utilizaban utensilios tales como “pesados bártulos e instrumentos astrológicos, curiosas pértigas, grandes compases y brújulas, astrolabios, esferas metálicas, cada [uno de los cuales] tenía propiedades específicas para descubrir diversas especies de minerales” y que Martine “indicaba las constelaciones bajo las cuales se debían colocar

esas pértigas, correspondientes a los siete metales conocidos y a los siete planetas que simpatizaban con ellos”, añadiendo además que la baronesa decía que

...en las minas de Hungría halló pequeños enanos de una altura de tres palmos, viejos y vestidos con antiguos delantales de cuero, con una lámpara y un bastón en la mano, espectros espantosos para aquellos en quienes la experiencia de bajar a las minas no era usual.

Sobra decir que todo ello suena bastante extraño y nos obliga a preguntarnos si en verdad éstos y otros testimonios de primera mano otorgados por la baronesa de Beausoleil nos remiten más a supersticiones y cuentos de magos y encantamientos que a verdaderos saberes científicos. El mismo Chermette se apresura a respondernos:

Es necesario reconocer que el carácter insólito y los nombres fantásticos de los instrumentos que se empleaban en esa época desconcertaban a las poblaciones ignorantes y fomentaban la sospecha de magia, pero era de buen tono rodearse de una parafernalia complicada y ocultar bajo el velo de lo sobrenatural los resultados de una observación y de una ciencia positiva.

En realidad –y esto es algo en lo que muestran acuerdo todos los estudiosos de la obra de Martine de Bertereau–, nada mágico o sobrenatural hay en semejantes concepciones y procedimientos, aunque para nosotros dichos saberes sigan pareciendo extravagantes. Y esto es así por la sencilla razón de que en los albores del siglo XVII el recurso a los lenguajes simbólicos y al secretismo, a la práctica alquímica y a la radiestésica, no solamente era un rasgo común de muchos científicos, sino también parte del acervo cultural de las clases ilustradas.

Así las cosas, no debiera extrañar que las obras de la baronesa vinieran aderezadas de todos esos elementos, mismos que nos permiten comprender por qué la mayoría de los investigadores la reputan como una mujer innovadora y adelantada a su tiempo, puesto que, pese a toda la parafernalia empleada, la obra de Martine no hace sino mostrar el ejercicio propio de la ingeniera de minas de su época, con el añadido de que muestra también las bases científicas de sus supuestos saberes esotéricos; es decir, da cuenta de que sus concepciones y prácticas son deudoras del estudio de la naturaleza. Ya en el año de 1779 Nicolás Cbet se daba a la tarea de mostrar todo ello en su antología *Los antiguos metalúrgicos*, obra en la que intenta reconstruir la vida de los Beau-

soleil, señalando, por un lado, sus aventuras y desventuras y, por otro, recopilando las prácticas y métodos de trabajo de la baronesa, a los que añade varias notas y comentarios. De esta obra, De la Rosa rescata uno de los textos de la baronesa en el que se deja ver la importancia de la práctica de la radiestesia “para hallar aguas subterráneas y minas”, y en donde encontramos también “las fuentes de donde procedían sus conocimientos”:

Es necesario saber cinco reglas metódicas para averiguar los lugares ricos en metales: la primera, y menos importante, por la abertura de la tierra; la segunda, por las hierbas y plantas que crecen encima; la tercera, por el sabor del agua que sale de la tierra; la cuarta, por los vapores que se elevan en torno a las montañas y valles a la salida del sol, y la quinta, por medio de dieciséis instrumentos metálicos que se aplican encima. Pero además de estas reglas e instrumentos existen siete varillas metálicas cuyo conocimiento y práctica son necesarios, y de las cuales nuestros ancestros se sirvieron para descubrir, desde la superficie de la tierra, los metales ocultos en su profundidad, así como si las minas son pobres o abundantes en metal, y para descubrir, antes de abrir la tierra, si el manantial es abundante.

Como bien puede apreciarse en la cita anterior, y asumiendo que la práctica de la radiestesia presenta en ella algunos de sus rasgos definitorios, podemos también afirmar que “las fuentes de donde proceden estos conocimientos” se deben más a un procedimiento científico que a la sola sapiencia zahorí. De hecho, sin el afán de negar que Martine insistiera una y otra vez en utilizar los instrumentos propios, por demás comunes, en su medio de trabajo, es justo reconocer que en buena medida su poder para descubrir minas y explotarlas derivaba más de la observación, la experiencia y hasta del experimento que de una supuesta sensibilidad especial para captar ciertas radiaciones con que los llamados zahoríes lograban descubrir manantiales subterráneos o venas metalíferas, pues, tal y como la baronesa pone de manifiesto en sus cinco reglas metódicas, es a través del estudio del terreno, las plantas, el agua y los vapores que se posibilitan las condiciones para localizar los lugares precisos en que se encuentran los yacimientos.

Vemos así que los saberes de Martine de Bertereau tienen una base empírica y experiencial, y dependen también de ciertos conocimientos teóricos, como pueden serlo la hidráulica, la geología, las matemáticas, la química y aun la alquimia, la astrología y la radiestesia,

pues en aquella época todavía no existía una clara distinción entre los distintos saberes y ciertamente no parece justo exigirle a la baronesa lo contrario. Por ende, las investigaciones realizadas por ella no tenían nada que ver con lo sobrenatural y sí, en cambio, con el estudio de las ciencias de la naturaleza; no en vano se reconocen también sus innovaciones en cuestiones de hidrología y termalismo, aparte de considerarse que fue ella quien dio los primeros pasos en la geobotánica, apreciaciones que tienen su base en el establecimiento mismo de las reglas metódicas propuestas por la baronesa.

Finalmente, cabe señalar que si por un momento separamos a Martine de Jean fue únicamente para mostrar que, aunque es cierto que ambos constituyeron un equipo que hacía al unísono su trabajo, también parece serlo el hecho de que era la baronesa quien daba orientación a los estudios, las teorías y las prácticas con que ambos realizaban sus investigaciones. Siendo esto así, no es difícil entender la razón por la que se considera que las innovaciones y los descubrimientos se deben en buena medida a sus iniciativas y proyectos. Por esta razón, pero sobre todo porque los prejuicios nos llevan siempre la delantera, es preciso señalar que Martine de Bertereau fue no sólo la esposa del ingeniero de minas o su inseparable compañera de aventuras, sino que además fue ella misma una verdadera ingeniera y sus merecimientos no derivan del mero hecho de haber formado pareja con el barón de Beausoleil, antes bien –como han hecho notar las actuales investigaciones– éstos le han sido otorgados por propio derecho.

En efecto, son el trabajo y la obra de la baronesa los que han conducido a los investigadores a verla no tan sólo como la primera geóloga francesa, sino también a considerarla como una pionera en un campo específico, la geología económica, precisamente por considerar que fue ella quien primero llamó la atención sobre la riqueza minera de Francia, que a ella se debieron su descubrimiento y explotación y también la visión económica para calcular sus beneficios y rendimientos. Aunque no es la única mujer que figura en dicho rubro (la otra sería la alemana Barbara Uttmann, en el siglo XVI), podemos considerarla como una de sus pioneras y además entender, a la luz de las recientes investigaciones, por qué la geología económica alcanza con la obra de la baronesa su verdadera significación y estatus. Esto tampoco implica en modo alguno mermar la labor del equipo Beausoleil, solamente, insistimos, nos hace ver con claridad en qué consistieron los logros y las aportaciones

que han dado a la baronesa un lugar en la historia de la ciencia.

Como ya lo hemos repetido, la relación que mantuvieron Martine y Jean como pareja y como equipo de trabajo los tuvo unidos hasta el final de sus días. Ciertamente así como ambos aparecieron juntos en la escena histórica, igualmente juntos harían mutis en ella, pues a consecuencia de aquella famosa Restitución, en 1642 los barones fueron acusados de hechicería y encarcelados. El mismo fin les esperaba a ambos: morir en prisión, privados de sus bienes, del reconocimiento que merecían y, peor aún, el uno del otro, pues mientras que a Jean se le confinó en La Bastilla, Martine fue recluida en Vincennes en compañía de una de sus hijas, una niña aún, después de lo cual nada se supo de ellos, aunque todo hace suponer que murieron al año siguiente.

Así concluyen las faenas de un equipo cuyos trabajos y vida estuvieron dedicados al servicio de la corona francesa y que, tal vez por la temeridad y el arrojo de una mujer que no dio tregua en la batalla a la hora de exigir sus derechos, fue recompensado con la muerte gracias a la ignorancia, la magia y la brujería. Triste acontecimiento que nos hace ahora volver la vista hacia la figura de tan emblemática mujer y apelar, tal como lo hizo ella siglos atrás, respecto de los méritos de su trabajo bajo el signo del mitológico Plutón, a una restitución del nombre y la obra de la baronesa de Beausoleil, bajo el signo de la geología económica. ▀

LECTOR INTERESADO:

- Alic, M. (1991). *El legado de Hipatia. Historia de las mujeres en la ciencia desde la antigüedad hasta fines del siglo XIX*. México: Siglo XXI.
- De la Rosa, R. (2013). *La historia de la radiestesia*. Valencia (España): Ediciones I.
- Claramunt V., R.M. y T. Claramunt V. (2012) *Mujeres en ciencia y tecnología*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia (edición digital).
- Chermette, A. (1985). "Martine de Bertereau (1590-1643): una ingeniera de minas del siglo XVII". (Trad. del francés de Rafæl Bullé-Goyri). *Suplemento del Boletín Mensual de la Sociedad Linneana de Lyon*, 54(10).
- Fernández, M.D., A. Uskola y T. Nuño. (2006). "Mujeres en la historia de la geología (I): Desde la antigüedad hasta el siglo XIX". *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 14(2): 118-130.
- Pérez P., J. e I.M. Pascual V. (2013). "Alquimia, minería y cultura popular en las obras de los barones de Beausoleil. Los habitantes de los mundos subterráneos". *ILUIL*, 36(77): 67-91.



FOTOS: EN ESTA PÁGINA, CHICO MENDES AT HOME 1988 (COLOR MODIFICADO), PÁGINA 58, "CHICO MENDES AND CHILDREN 1988" (FRAG), PÁGINA 59, "CHICO MENDES AT RUBBER TREE" (FRAG, COLOR MODIFICADO), DE MIRANDA SMITH, MIRANDA PRODUCTIONS, INC. - OWN WORK, CC BY-SA 3.0, [HTTPS://COMMONS.WIKIMEDIA.ORG/W/INDEX.PHP?CURID=12808170](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12808170)

EL MEDIO AMBIENTE: MEDALLA DE ORO EN JUEGOS OLÍMPICOS

HERIBERTO G. CONTRERAS GARIBAY

Al principio pensé que estaba luchando para salvar los árboles de caucho, luego pensé que estaba luchando para salvar la selva tropical del Amazonas. Ahora, me doy cuenta de que estoy luchando por la humanidad.

CHICO MENDES



Cuando inició la ceremonia de los juegos olímpicos de Río 2016, en Brasil, lo que más llamó la atención fue el concepto al cual se dedicó: el planeta Tierra y la conservación de los recursos naturales. Los organizadores no escatimaron, es más, se denotó el interés y la preocupación por un tema que nos atañe a todos.

EL LEGADO DE CHICO MENDES

La historia moderna de la lucha por preservar el medio ambiente y los recursos naturales en América Latina no se podría entender sin Chico Mendes. Su nombre, Francisco Alves Mendes Filho, nacido en Xapuri, Brasil, el 15 de diciembre de 1944.

Mendes fue un recolector de caucho, quien durante su corta vida luchó siempre de forma pacífica contra la extracción de madera y la expansión de los pastizales en la selva del Amazonas. Fue sindicalista y activista, buscaba conservar la cobertura vegetal brasileña.

Gracias a sus esfuerzos, Chico obtuvo múltiples apoyos de organismos internacionales, incluso recibió en 1987 el premio Global 500 otorgado por la Organización de las Naciones Unidas; de igual forma, en ese año obtuvo la Medalla por el Medio Ambiente dada por la organización Better World Society.

Pero esa historia de grandes logros desafortunadamente termina el 22 de diciembre de 1988, cuando fue asesinado en su propia casa, a manos de los grandes intereses que tocó con su obra pacífica y altruista a favor del cuidado del medio ambiente.

Las autoridades brasileñas levantaron cargos en 1990 sobre los *fazendeiros* (en portugués rancheros o caciques) Darly y Darcy Alves da Silva, a quienes se les consideró los culpables del asesinato, siendo condenados a 19 años de prisión. En 1993 escaparon, pero fueron nuevamente capturados en 1996. El caso de Chico Mendes llamó por primera vez la atención internacional sobre los problemas que atravesaban los recolectores de caucho.

En el artículo "Chico Mendes: un ángel de la Amazonía", aparecido en la revista *Margen Cero*, José Miguel Jiménez muestra uno de los intereses de Mendes por cuidar del Amazonas:

En 1965, el gobierno brasileño empezó a promover el "desarrollo" de la región amazónica, mediante un programa de colonización, así los *fazendeiros* adquirieron 6 millones de hectáreas de tierra con unos títulos ilegales de posesión, sin importar que fuesen territorios indígenas o estuviesen habitados durante décadas

por familias de *seringueiros* (recolector de caucho). Impusieron el terror para intimidar a los verdaderos propietarios, las tribus indígenas y las más de mil familias de *seringueiros* que allí vivían: sus casas fueron incendiadas, su ganado matado, sus mujeres violadas e iniciaron la destrucción de los bosques amazónicos. La construcción de una carretera transamazónica, la BR 364 Porto Velho-Rio Branco, supuso el golpe de gracia para la región amazónica y sus pobladores. La colonización y las carreteras también impactaron directamente sobre 96 tribus autóctonas; por ejemplo, la tribu de los *nambiqwara* se redujo de 20 mil a 650 personas. La mortalidad infantil llegó a niveles superiores al ochenta por ciento.

La deforestación masiva y los incendios intencionados alentados por los *fazendeiros* y los *garimpeiros* (buscadores de oro) destruían rápidamente el bosque. Hacia 1975 habían desaparecido 180 mil *seringueiras* -árboles de caucho- y 80 mil *castanheiras* -castaños- a causa del madereo y del fuego, realizados con el fin de liberar tierras para la agricultura comercial y la ganadería.

En el paroxismo de la destrucción, los aeropuertos de la zona tuvieron que cerrar debido a las grandes humaredas que impedían la visibilidad para el tráfico aéreo y la aportación de más de 500 toneladas de carbono a la atmósfera, equivalente a 10% del aporte mundial de gases que producen el efecto invernadero en todo el planeta. Para la quema de los bosques los terratenientes no dudaron en utilizar incluso napalm.

Pocos días antes de morir, Chico Mendes declaró: "Si descendiese un enviado de los cielos y me garantizase que mi muerte facilitaría nuestra lucha, hasta valdría la pena. Pero la experiencia me enseña lo contrario. Las manifestaciones o los entierros no salvarán la Amazonia. Quiero vivir".

¡LLEGÓ LA MEDALLA DE ORO!

Estos juegos olímpicos fueron diferentes. Ante la cada vez más complicada situación económica en Brasil, el comité organizador tuvo que ingeniárselas para ofrecer una ceremonia de inauguración lucida, pero con pocos recursos económicos. Quedó claro que el ingenio humano y la imaginación siempre serán la mejor materia prima para cualquier intento. Incluso hay que destacar la cobertura y relevancia que diversos medios de comunicación del mundo entero dieron al respecto:



Los tres directores artísticos de la ceremonia, con el afamado cineasta Fernando Meirelles entre ellos, se las ingenieron para salpimentar un espectáculo ciento por ciento de la tierra que contó con el acierto de convertir el suelo del estadio en una marea de emociones cambiantes, pues ahí se iban reflejando las temáticas y los efectos especiales.

Con tres pivotes fundamentales: la ecología con el jardín del Amazonas como testigo de una de las últimas zonas más o menos vírgenes del planeta, la diversidad, teniendo en cuenta la variedad de razas del lugar, y la sonrisa, el abrazo, como ejemplos de un país que siempre ha tenido fama de cálido (*La Vanguardia*).

El fuego olímpico también emitió su mensaje al mundo. Dos fueron los pebeteros que se instalaron: uno en el estadio de Maracanã y otro más en el centro de la ciudad. Ambos fueron creados por el escultor Anthony Howe, quien explicó que fueron inspirados en la vida en los trópicos.

El pebetero que se instaló en el estadio fue un fuego que calificaron de "intencionadamente pequeño", como mensaje de que hay que reducir la emisión de gases tóxicos al medio ambiente.

Todo se dio en un contexto de constantes referencias a la preservación de la naturaleza. En cada momento de la inauguración se buscaron oportunidades para trabajar en favor del medio ambiente. Los reportajes en los diarios del mundo lo corroboran:

Los voluntarios de la organización repartieron entre las delegaciones un pequeño recipiente con un incipiente árbol autóctono de Brasil que portaron unos niños y pasearon por el estadio junto a los deportistas, mientras que éstos depositaban semillas en unos compartimentos al entrar.

Posteriormente serán plantadas en unas torres de espejos que estarán ubicadas en el parque de Deodoro, una de las zonas deportivas principales para el desarrollo de estos juegos.

Brasil, que es el país con mayor diversidad de árboles del planeta –unas cincuenta mil [especies] catalogadas–, tendrá así 207 de ellas plantadas en este parque, una por cada delegación, incluida la de atletas refugiados, lo que quedará como legado en la ciudad (*The New York Times* y *Diario Las Américas* de Miami).

El estadio que albergó el atletismo tiene una estructura circular que fue diseñada específicamente para este evento y temática; se

inspiró en las alas de un pájaro en vuelo, con una capa externa de "plumas" independientes que reaccionaban a los cambios climáticos y a la iluminación. Además, contaban con miles de paneles solares que captarían los rayos del Sol para dotar de energía al inmueble y ahorrar en el consumo de otras fuentes.

De igual forma, se creó la denominada Solar City Tower, una torre ubicada en la isla de Contonduba, en el barrio de Urca, construida a 60 metros sobre el nivel del mar, que funcionó como planta de generación de energía al ser dotada de paneles solares capaces de generar la fuerza necesaria para bombear agua marina a unas turbinas de energía limpia. Esto permitió producir electricidad e iluminar tanto a la Villa Olímpica, situada en la Barra da Tijuca, como a la ciudad entera. Además, la construcción, aunque con algunos problemas, también funcionó como una catarata urbana.

Desde 2012 se plantaron dos millones de árboles, y antes del inicio de la justa los organizadores reportaron que con ellos se reforestaron alrededor de 600 hectáreas. El comité organizador firmó desde hace varios años, con el Comité Olímpico Internacional, la limpieza de los lagos de Barra da Tijuca y Baixada de Jacarepaguá, los cuales son patrimonio natural de Brasil.

Así, a pesar de todas las adversidades sociales, políticas y económicas que Brasil padeció durante este año, logró sacar adelante unos juegos olímpicos en los cuales destacó el trabajo a favor de la conservación de los recursos naturales, el medio ambiente y el planeta. Una fiesta que celebró al deporte, en la cual los deportistas lucharon por el oro y, como dijera el ícono latinoamericano de la conservación, Chico Mendes, "se luchó por la humanidad". ▀

LECTOR INTERESADO:

Conabio, INE, Conafor, Conagua e INEGI (2006). *Minuta de la reunión*

Interinstitucional para la definición de manglar. Aguascalientes: INEGI. Cappato, J. "¿Quién era Chico Mendes?". Global 500 Forum.

En: http://web.archive.org/web/http://www.global500.org/feature_5.html

Miguel Jiménez, J. "Chico Mendes: un ángel de la Amazonia".

Almiar-Margen Cero. En: http://www.margencero.org/Magazine/c_mendes/chico_mendes.htm

Comité Olímpico Internacional. En: <https://www.olympic.org/>

The New York Times. En: <https://www.nytimes.com>

Diario Las Américas. En: www.diariolasamericas.com

LINEAMIENTOS PARA LOS AUTORES

El público meta es de 16 años (nivel bachillerato) en adelante, por ende los textos deben ser redactados en un lenguaje claro, sencillo y ameno, con referencias cotidianas que hagan manifiesta la pertinencia social de su contenido.

Se busca llegar a preparatorianos, universitarios, catedráticos de enseñanza superior, profesionistas y personas que habiendo concluido su educación media no hayan continuado sus estudios. A través de las redes sociales buscaremos incidir sobre todo en el público juvenil.

Los temas a tratar comprenden las ciencias exactas, naturales y sociales. El contenido de la revista lo conformarán tanto trabajos por invitación como trabajos sometidos al comité editorial, distribuidos en las secciones: breves de ciencia, tema central, misceláneos, crónicas, anécdotas, cuentos, reseñas y semblanzas.

BREVES DE CIENCIA

A través de notas breves que no superen los 2000 caracteres (poco más de una cuartilla) se darán a conocer datos científicos sobre temas que más atraen al público medio, por ejemplo: ciencia y tecnología, sexualidad, astronomía, salud y medio ambiente.

Las notas deberán ser redactadas en un lenguaje periodístico que conteste las preguntas qué, quién, cuándo, dónde, cómo y por qué.

TEMA CENTRAL Y MISCELÁNEOS

Cada número presentará un tema central que será abordado en cinco o seis artículos, por ello se recomienda a los grupos o instituciones remitirlos en conjunto. Asimismo, contará con una sección miscelánea que se ocupará de cuestiones variadas, no necesariamente asociadas al tema central. La extensión máxima para los escritos de ambas secciones será de 6,500 caracteres cada uno,

con letra Times New Roman, 12 puntos, espaciado sencillo.

El autor debe proponer un título que no exceda las ocho palabras.

Las colaboraciones serán acompañadas de una misiva donde se especifique que su contenido es original.

La revista podrá publicar los trabajos posteriormente en formatos físicos y/o electrónicos, incluida la red, para lo cual los autores darán su respectivo consentimiento.

Por tratarse de temas de divulgación y no reportes de investigación, preferiblemente, un documento no puede ir firmado por más de tres autores. De éstos son indispensables los siguientes datos: nombre y apellido, sin marca de grado académico; resumen curricular con límite de cinco líneas; dirección electrónica y entidad de adscripción.

Es opcional la inclusión de imágenes (fotografías, grabados, infografías), con un límite de tres por cada texto, las cuales se enviarán separadas de éste, en formato JPG con 300 dpi de resolución, con pie de foto no superior a las 15 palabras, así como el crédito del autor.

El material será examinado por el director de la revista, quien en mesa de redacción, determinará su publicación de acuerdo a los criterios establecidos. Asimismo, cabe la posibilidad de que sea analizado por expertos que el director juzgue convenientes.

En caso de ser necesario se pedirán al autor modificaciones.

No se admiten escritos que hagan promoción institucional (anuncios, eventos, premios, convocatorias, etc.).

No se aceptan artículos divididos en varias entregas.

CRÓNICAS, ANÉCDOTAS, CUENTOS Y RESEÑAS

En esta sección se publicarán historias, poemas, pensamientos, reflexiones, cuentos, crónicas y reseñas sobre el quehacer científico, cuya extensión máxima será de dos cuartillas

(3 600 caracteres). Se recomienda adjuntar imágenes.

Las crónicas, anécdotas y cuentos deben ser redactados con estilo literario y pinceladas de color.

Las reseñas pueden ser de un libro, revista, muestra fotográfica u obra de teatro.

SEMBLANZAS

En este apartado serán publicadas semblanzas (resultantes de una entrevista o rastreo documental) de académicos, científicos y estudiantes, donde se dé a conocer su quehacer, logros y cómo se relacionaron con el mundo de la ciencia, con una extensión no mayor a dos cuartillas.

No se admiten entrevistas que sólo contengan preguntas más las respuestas del personaje en cuestión. Se recomienda adjuntar imágenes.

En 3° de forros, fotografía de:

Carolina Carvajal Haro

Facultad de Ciencias Agrícolas

"Textura natural"

Foto ganadora del 2° Premio de Divulgación de la Ciencia 2015

"El vuelo rítmico, su anatomía ligera, la atracción por las flores, sus colores llamativos, la composición orgánica de sus alas, todo esto simboliza un modelo de belleza natural, el cual muchas veces pasa desapercibido. La simpatía por las mariposas la he tenido desde siempre, esta fotografía la hice en mi casa en Xalapa. Por las tardes llegan al balcón y aproveché un momento para retratar el ala de *Chlosyne janais*.

La riqueza que poseen las mariposas es vital, ya que son indicadores de la calidad de nuestro entorno. Si la floración es abundante, si hay una variedad de ciertas especies vegetales, y si los ecosistemas no son agredidos, las mariposas podrán transitar las distintas etapas que necesitan para hacer su aparición en este mundo, con sus colores y su elegante vuelo ligero."



