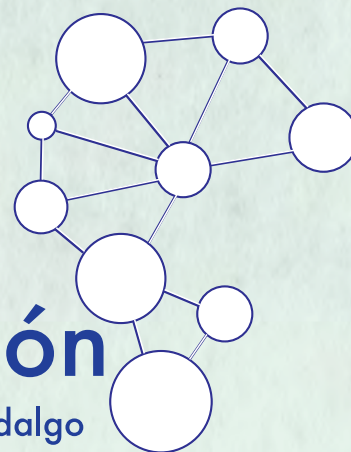


Saber Más

Revista de Divulgación

de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



El arma química de los pinos

Oyameles: los guardianes del santuario
Burseras ¿Alebríjes en la naturaleza?
La esperanza de la restauración ecológica
El musgo: La piel del bosque
Entre plantas ¿Por qué *Caesalpinia*?

Interceptación y captación de agua por la vegetación
Un corazón púrpura en peligro de extinción
Las mil y una formas de las hojas de encino
La palma real, espacio de alto valor
ambiental y artesanal

Año 8 / No. 45 / Mayo-Junio / 2019
Morelia, Michoacán, México
U.M.S.N.H.



UNIVERSIDAD MICHOACANA
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
Cuna de héroes, crisol de pensadores

ISSN-2007-7041

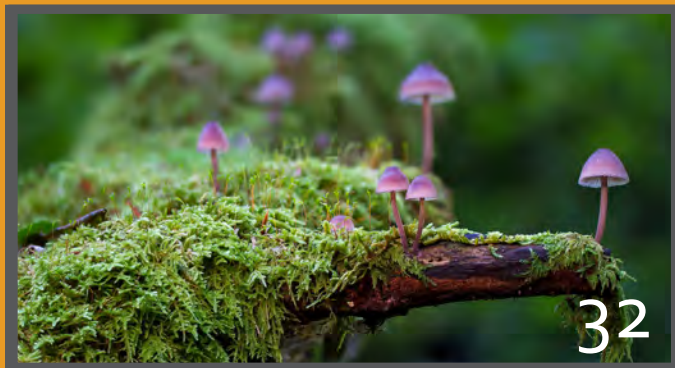
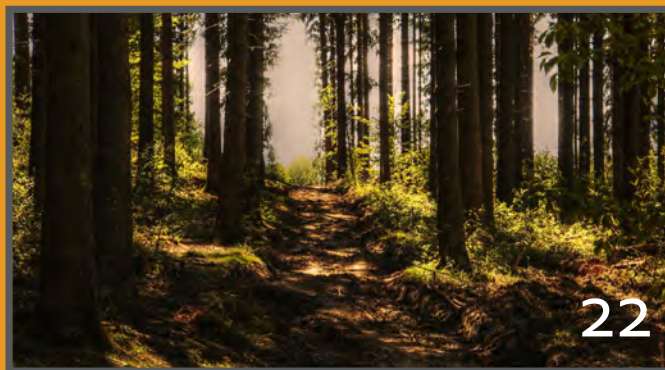
CONTENIDO



El arma química de los pinos 26

ARTÍCULOS

Oyameles: los guardianes del santuario	14
Burseras ¿Alebrijes en la naturaleza?	18
La esperanza de la restauración ecológica	22
El musgo: La piel del bosque	32
Entre plantas: ¿Por qué <i>Caesalpinia</i> ?	36
Interceptación y captación de agua por la vegetación	40
Un corazón púrpura en peligro de extinción	44
Las mil y una formas de las hojas del encino	48
La palma real, espacio de alto valor ambiental y artesanal	51



ENTÉRATE

Dreaming future: 100 km para arrebatarle al universo sus secretos 6

TECNOLOGÍA

La madera y el hombre 55

UNA PROBADA DE CIENCIA

Planetas invisibles 59

CIENCIA EN POCAS PALABRAS

Bosques templados: Qué son y su importancia 61

LA CIENCIA EN EL CINE

Chernóbil 64

EXPERIMENTA

¡Vamos a plantar un árbol! 69

EL MUNDO DE AYAME

Lo que los árboles nos cuentan 70



Entrevista al Dr. Cuauhtémoc Sáenz Romero,
 Profesor-Investigador del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales UMSNH.

10

DIRECTORIO



Rector

Dr. Raúl Cárdenas Navarro

Secretario General

Mtro. Pedro Mata Vázquez

Secretario Académico

Dr. Orépani García Rodríguez

Secretaría Administrativa

ME en MF Silvia Hernández Capi

Secretario de Difusión Cultural

Dr. Héctor Pérez Pintor

Secretario Auxiliar

Dr. Juan Carlos Gómez Revuelta

Abogado General

Lic. Luis Fernando Rodríguez Vera

Tesorero

Dr. Rodrigo Gómez Monge

Coordinador de la Investigación Científica

Dr. Marco Antonio Landavazo Arias

SABER MÁS REVISTA DE DIVULGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO, Año 8, No. 45, mayo-junio, es una Publicación bimestral editada por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo a través de la Coordinación de la Investigación Científica, Av. Francisco J. Mújica, s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Tel. y Fax (443) 316 74 36, www.sabermas.umich.mx, sabermasumich@gmail.com. Editor: Horacio Cano Camacho. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2013-072913143400-203, ISSN: 2007-7041, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Departamento de Informática de la Coordinación de la Investigación Científica, C.P. Hugo César Guzmán Rivera, Av. Francisco J. Mújica, s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Tel. y Fax (443) 316-7436, fecha de última modificación, 06 de junio de 2019.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Esta revista puede ser reproducida con fines no lucrativos, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica. De otra forma requiere permiso previo por escrito de la institución y del autor.

Saber Más

Director

Dr. Rafael Salgado Garciglia
Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas,
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,
Morelia, Michoacán. México.

Editor

Dr. Horacio Cano Camacho
Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología,
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,
Morelia, Michoacán. México.

Comité Editorial

Dr. Marco Antonio Landavazo Arias
Instituto de Investigaciones Históricas, Universidad
Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia,
Michoacán. México.

Dra. Vanessa González Covarrubias
Área de farmacogenómica, Instituto Nacional de
Medicina Genómica, Ciudad de México.

Dra. Ek del Val de Gortari
IIES-Universidad Nacional Autónoma de México,
Campus Morelia.

M.C. Ana Claudia Nepote González
ENES-Universidad Nacional Autónoma de México,
Campus Morelia.

Dr. Luis Manuel Villaseñor Cendejas
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,
Puebla, Puebla. México.

Dr. Juan Carlos Arteaga Velázquez
Instituto de Física y Matemáticas, Universidad
Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia,
Michoacán. México.

Diseño y Edición

T.D.G. Maby Elizabeth Sosa Pineda
M en C Miguel Gerardo Ochoa Tovar
C.P. Hugo César Guzmán Rivera

Corrección

L.C.C. Roberto Carlos Martínez Trujillo
Fernando Covián Mendoza

Administrador de Sitio Web

C.P. Hugo César Guzmán Rivera

Saber Más Media

M en C Miguel Gerardo Ochoa Tovar
Mtro. Luis Wence Aviña
Mtra. Alejandra Zavala Pickett

EDITORIAL

Los trabajos de investigación sobre bosques tienen una gran relevancia para comprender toda la dinámica de la vida en el planeta. Y con el cambio climático global este tipo de estudios multiplican su relevancia. Y es que los bosques de todo tipo, son indicadores perfectos de cómo estas alteraciones climáticas van a cambiar todo en el planeta.

Resulta también interesante que muchos de los investigadores quieren comunicar su trabajo al público y esto es una gran noticia para nosotros. De manera que hemos recibido muchos artículos sobre el trabajo con bosques, de temática diversa, enfoques y problemas. Y decidimos reunir muchos de ellos en un número.

Comenzamos con un artículo muy interesante sobre un árbol que además de bonito, es el guardián del santuario de la mariposa monarca. Nos referimos al Oyamel o abeto, un árbol nativo de las montañas centrales de México. Su distribución es reducida pero su importancia es muy grande. Además de los servicios ambientales que proporcionan, como ya lo dijimos, son el refugio de invierno de estos insectos tan carismáticos. Pero los bosques de oyamel están en peligro, la deforestación, los incendios forestales y ...el cambio climático amenazan tan importante recurso.

Un juguete y "adorno" que destaca en muchos hogares de México y que asombra a los turistas extranjeros, es el Alebrije. Esos seres mágicos realizados por manos indígenas de Oaxaca. ¿Qué me encanta de estos bichos extraños? Su plasticidad, su capacidad para presentarse como un híbrido entre diversos seres, colores, formas... Pues resulta que en la naturaleza tenemos un buen émulo del alebrije. Se trata de las plantas del género *Bursera*, árboles resinosos y aromáticos de las zonas secas del país. Este género es un campeón de la hibridación, ese fenómeno biológico que consiste que dos o más especies muy cercanas compartan material genético produciendo individuos con cualidades mezcladas. Este fenómeno es de importancia vital para la plasticidad genética que permite a los seres vivos responder a las condiciones tan variables del ambiente.

A medida que vemos la destrucción del ambiente y los daños que se anuncian con el cambio climático, es común suponer que podemos reconstruir nuestros ambientes, restaurarlos como si de un mueble se tratara. La verdad es que la restauración ecológica es muy compleja por que la naturaleza es muy compleja. Siempre es mejor conservar y cuidar que intentar restaurar. Sobre esto nos habla un artículo muy interesante que hace énfasis en proteger, pero sin perder este importante recurso.

El artículo de portada se dirige a un tema fascinante, las defensas químicas de las plantas, en particular de los pinos. El papel del metabolismo secundario, de un grupo particular de metabolitos como son los isoprenoides volátiles... Un gran tema.

La entrevista ahora está dedicada a un experto mundial en restauración forestal y que tiene un papel destacadísimo en el estudio del cambio climático en la zona de oyameles de la mariposa monarca. Vale la pena conocer sus puntos de vista y las experiencias que han logrado el proceso de migración asistida de oyameles. Por cierto, tema que ha llamado la atención de publicaciones científicas tan importantes como *Nature*, hasta medios masivos de comunicación en muchos lugares del mundo.

Por supuesto tenemos más artículos sobre el bosque, como uno que llama la atención sobre los musgos, la verdadera "piel" del bosque. Qué es, cuál es su importancia y cuáles son los riesgos que este recurso corre con la alteración climática global. Hablamos de la madera, de la captación de agua, de otras especies muy interesantes, de manera que comprendamos el significado real del bosque para nuestra vida y la del planeta. Te invitamos a leerlos con mucha atención.

Además tenemos las secciones acostumbradas de libros, cine, experimenta y nuestra manga del Mundo de Ayame. En fin, un número muy completo e interesante.

Horacio Cano Camacho



ENTÉRATE

Dreaming Future: 100 km para arrebatarle al universo sus secretos

Francisco Antonio Astorga Sáenz*



Recientemente el CERN, ese prestigioso centro de investigación europeo cuyo interés primordial es develar la estructura de la materia a nivel microscópico y construir y probar la teoría que hay detrás de los datos observados en sus experimentos de colisiones de partículas, dio a conocer un reporte en el que presenta diferentes proyectos de lo que podría ser el siguiente paso en el desarrollo de su infraestructura en aras de continuar investigando lo que hay más allá (el plus ultra) de ese edificio de la física de partículas elementales que llamamos el Modelo Estándar y que sintetiza el estado actual de nuestro conocimiento sobre cuáles son los bloques fundamentales a partir de los que se estructura la materia y las diferentes interacciones entre éstos en el mundo subatómico. En lo que sería el proyecto más completo de este reporte, se propone la construcción de un nuevo anillo de 100 km de longitud que albergaría un acelerador mucho más energético y que integraría diferentes capacidades experimentales: el FCC, Future Circular Collider.

El actual colisionador del CERN, el LHC (Large Hadron Collider), agregó una de las joyas de la corona del Modelo Estándar (ME) al anunciar en julio del 2012 la detección del último, y tal vez el más anhelado, de los ingredientes fundamentales de este modelo: la partícula Higgs, llamada así en reconocimiento del físico escocés Peter Higgs, quien postuló su existencia como un mecanismo para explicar el origen de las masas de las partículas mediadoras de la interacción débil en el ME, y quien compartió el Nobel de Física en el 2013. Siendo la partícula más pesada de las que conforman el grupo de las partículas elementales en el inventario del ME, su descubrimiento tuvo que esperar más tiempo que la detección del resto de las componentes de este modelo hasta alcanzar energías mayores de colisión que las del predecesor del LHC: el Large Electron Positron Collider (LEP), en el que se hacían chocar electrones contra positrones (la antipartícula del electrón), las partículas de materia más ligeras del modelo. Con este hallazgo, el LHC hizo una de sus contribuciones más importantes a la física de

partículas y aunque está ahora iniciando una etapa de actualización que le permitiría alcanzar el doble de la energía de colisión con la que ahora funciona, parecería que la frontera de la nueva física, la física más allá del Modelo Estándar, estaría un orden de magnitud más alejada del portentoso y aún más energético nuevo LHC. Para alcanzar el plus ultra sería necesario construir un nuevo colisionador.

Los colisionadores son fundamentales en la tarea de búsqueda de nuevas partículas y en el proceso de consolidación de una teoría que describa la física de éstas, pues proveen un ambiente controlado y diseñado para detectar los productos de la interacción y colisión de partículas conocidas que revelarían la presencia de las nuevas. El refinamiento en la precisión de estas observaciones, a la par de la experiencia tecnológica requerida, ha ido en aumento cada vez que se construye un nuevo colisionador, lo mismo que la abundancia del número de productos de estas colisiones, la cual provee la estadística suficiente para consolidar un hallazgo. A esto debe aunarse la necesidad de conseguir mayores energías de colisión, pues por un lado esto permite ir más al interior del mundo subatómico y por otro lado extiende la posibilidad de generar partículas más pesadas que no habrían sido producidas en colisionadores anteriores y las cuales constituyen siempre los objetos más importantes en las búsquedas de los colisionadores. Esta triada de precisión, estadística y mayor energía de colisión, constituyen objetivos primarios para fundamentar la necesidad de construir un nuevo acelerador y, por ende, parámetros indispensables en el diseño de los mismos.

A este triada habría que añadirle otro elemento fundamental que impulsa el avance de esta frontera del conocimiento: la imagen de un plus ultra, es decir, la sugerencia de que hay física fundamental más allá del Modelo Estándar, pues sin esta expectativa cualquier paso en la dirección de un nuevo experimento, en particular la construcción de un nuevo colisionador, sería imposible, pues carecería del interés y el apoyo necesarios para su realización. En términos estrictos, nada más puede exigirse al Modelo Estándar de la física de partículas pues las partículas que ha predicho han sido encontradas en los aceleradores, su estructura matemática ha sido probada al nivel de precisión de los actuales experimentos y nada ha sido observado, con la suficiente confianza, en los colisionadores que no haya podido explicar este modelo. ¿De dónde viene entonces la necesidad de construir un colisionador más energético y qué expectativas hay sobre lo que se espera encontrar allende la frontera actual de energía de un par de decenas de TeV (10^{12} electronVolts) en la que estaría funcionando el HE-LHC (High Energy -LHC), la actualización en progreso del ahora LHC? Las motivaciones más importantes para buscar más allá del Modelo Estándar provienen de las su-

gerencias que sobre ese territorio inexplorado se desprenden de diferentes fronteras de la física relacionadas con el mundo subatómico: por ejemplo, modelos de partículas contruados asumiendo simetrías aún no observadas en la naturaleza, observaciones cosmológicas en las que una partícula hipotética resulta fundamental, mecanismos al nivel de la física de partículas que podrían explicar procesos cosmológicos y preguntas de fondo sobre las características mismas del ME. Este encuentro entre lo pequeño y lo grande, entre lo micro y el cosmos, permite parafrasear estas búsquedas en aceleradores como la recreación de las condiciones del universo temprano en el colisionador, de manera que los hallazgos en esta arena permitirían entender también el universo y, a su vez, preguntas fundamentales sobre el universo tienen un traslape con las detecciones en los aceleradores.

Este nuevo proyecto del CERN escalaría las características del actual acelerador de forma importante, de manera que esté a su alcance la detección de fenómenos físicos no incluidos en el Modelo Estándar vigente. En el Future Circular Collider, la energía de colisión se movería de los 27 TeV que se espera consiga el HE-LHC, a los 100 TeV que tendría el modo de colisión de partículas pesadas del FCC: el FCC-hh (h de hadron=partículas del tipo protón y neutrón, constituídas por quarks). Para esto sería necesario construir un nuevo anillo con una longitud de 100 km (el del LHC mide 27 km). En ambos casos un orden de magnitud mayor, lo que representa un reto tecnológico significativo no sólo en términos de la obra civil, sino (y más importante aún) de la capacidad requerida de los dispositivos necesarios para acelerar los haces de partículas que colisionarán y de aquéllos que registrarán y almacenarán la información de los estados finales después de la colisión. En este sentido, también resulta importante considerar los subproductos de un proyecto con las características del FCC, que representan potenciales aplicaciones de enorme relevancia en otras áreas de la ciencia. Mención especial en este rubro merece el hecho de que el origen de la WEB se da precisamente en el CERN, así como las aplicaciones a la medicina que han surgido de este centro. Estas nuevas escalas parecieran más cercanas a la ficción que a la realidad. El túnel de 100 km que se construiría para el FCC, rebasaría casi al doble al más largo del mundo, el Gotthard Basistunnel de 57.5 km que pasa por debajo de los Alpes Suizos, y en el área encerrada por este anillo se podría acomodar 12,514 veces el Estadio Azteca. En cuanto a las energías de colisión en el FCC, éstas nos llevarían a escenarios físicos aún más adentro del primer segundo después del Big Bang.

En el proyecto integrado del CERN para un nuevo acelerador, el desarrollo del FCC pasaría por diferentes modos de operación iniciando en su primera etapa con un colisionador electrón-positrón,

el FCC-ee, análogamente a como en el pasado se tuvo primero el LEP. La colisión de partículas ligeras fundamentales, provee un medio menos poblado de estados finales después de la colisión y por tanto análisis más precisos. Esta etapa del FCC-ee tendría un tiempo de operación de alrededor de 15 años.

Usando el mismo túnel, en una segunda época se instalaría un colisionador de hadrones (protón-protón y ion_pesado-ion_pesado), el FCC-hh, con una energía de colisión de 100 TeV, lo cual extendería el alcance de búsqueda del FCC y, de acuerdo a cotas provenientes de algunos modelos, entraría en la región de detección de física más allá del Modelo Estándar. El FCC-hh estaría operando durante 25 años. A estos dos modos de operación se agregaría un híbrido, el FCC-he, un colisionador electrón-protón. En total, considerando también los tiempos de construcción e instalación, el programa integrado del FCC, abarcaría un período de 70 años, haciendo de este proyecto de física uno intergeneracional.

Aunque ubicado en el corazón de Europa, el CERN mantiene contactos con la comunidad científica internacional. Varios países son miembros oficiales de esta colaboración e investigadores de diferentes universidades, la mayoría europeas, algunas en el continente americano y otras en Asia y Australia, están también adscritos a los diversos grupos de trabajo en los distintos experimentos. Dada la escala de este nuevo proyecto del CERN, es muy difícil prescindir de la participación de otros países. En esta situación, el contexto de la Comunidad Europea resulta un ambiente propicio para desarrollar el FCC y costear este proyecto, cuyo monto total estimado en el caso del programa integrado, sería de 24,000 millones de euros, lo que representaría, por ejemplo, el 4% de los gastos militares de la OTAN en 2017. Sin embargo, esta iniciativa no es única. China ha presentado también un proyecto de un colisionador circular con las características del FCC, que tiene por nombre Circular Electron Positron Collider, el CEPC, que podría también ser escalado a un colisionador protón-protón, el Super Proton Proton Collider, SPPC, ambos en un anillo de 100 km. La aprobación de los fondos para estos proyectos determinará en buena medida si el nodo de desarrollo de la física experimental de partículas se mantiene donde está ahora ó si se desplaza a China, lo cual sería un escenario muy interesante.

Las búsquedas de nueva física en los colisionadores proyectados, incluyen un espectro diverso de intereses en los que el Higgs juega un papel fundamental.

Aunque ya detectado en el LHC, sus propiedades e interacciones son un campo importante de estudio; en este sentido, estos aceleradores se constituirían en fábricas de Higgses, produciéndolos de manera abundante; el Higgs será tanto sujeto de estudio como un dispositivo de análisis para explorar la física más allá del Modelo Estándar. En estas búsquedas, es interesante notar que la cosmología establece un punto de contacto con los nuevos colisionadores en al menos tres observaciones fundamentales:

1. La asimetría materia-antimateria en el universo.

La antimateria fue predicha por el físico inglés Paul Dirac en las primeras décadas del siglo pasado y observada por el físico norteamericano Carl Anderson pocos años después. A partir de entonces se concluye que ésta es una componente que se produce de manera frecuente en algunos procesos entre partículas y decaimientos radioactivos y que para cada partícula de materia del Modelo Estándar existe una antipartícula. Por otro lado, a nivel cosmológico, las observaciones sugieren que la estructura que conforma el universo está formada de materia y que la presencia de la antimateria es prácticamente nula y está limitada a procesos muy particulares que la producen para desaparecer aniquilándose al contacto con la materia ordinaria, de manera que no se acumula. Este dominio de la abundancia de materia sobre la antimateria debe ser explicado a partir de un estado simétrico inicial materia-antimateria, que una época inflacionaria en el universo habría dejado. Para ello, debe encontrarse un mecanismo que genere un exceso de materia sobre la antimateria, que sería finalmente la que daría lugar a la estructura conocida. Cualquier mecanismo de este tipo (genéricamente llamado Bariogénesis=creación de bariones), debe satisfacer las condiciones establecidas por el físico ruso Andrei Sakharov en la década de 1960. Un escenario apropiado para bariogénesis puede producirse en una transición de fase que ocurriría cuando el universo se enfría durante su expansión y en la que el Higgs adquiere su masa, la transición de fase electrodébil (EWPT, por sus siglas en inglés). En este escenario hay 2 condiciones que deben satisfacerse para que este mecanismo sea efectivo y que están asociadas a

- las condiciones de Sakharov:
- i) Deberán tenerse fuentes ad-



cionales de violación de la simetría CP (C, conjugación de carga, y P, paridad), pues las del ME resultan insuficientes y, ii) La transición de fase debe ser intensa, una transición de primer orden, lo que tampoco se cumple en el ME y requería la presencia de partículas adicionales más allá del ME. Ambas condiciones son necesarias para producir bariogénesis y requieren de un acelerador como el FCC para tener posibilidades de ser detectadas.

2. El problema de la Materia Oscura.

La materia ordinaria que conocemos, la del ME, constituye menos del 5% del total de materia en el universo, el 95% restante corresponde en un 25% a la llamada materia oscura y en un 70% a la energía oscura, ligada a la actual expansión acelerada del universo. Existen evidencias que sugieren, en distintos escenarios, la presencia de la materia oscura en el universo. Entre ellas se encuentran el aplastamiento de las curvas de rotación en galaxias, que requiere materia adicional a la observada en éstas últimas. También el proceso de la formación de estructura en el universo se beneficiaría de incluir la contribución de la materia oscura. Esta materia, no emite radiación y sólo interactúa de manera muy débil, lo cual impide que sea fácil de detectar en los experimentos diseñados para ello. Por otro lado, su naturaleza se desconoce todavía aunque existen varios candidatos, algunos de los cuales corresponden a partículas que se encontrarían más allá del Modelo Estándar y podrían estar al alcance del FCC; entre éstas se encuentran los modelos de partículas masivas débilmente interactuantes (WIMPs) que incluyen a partículas supersimétricas como el Wino, la pareja supersimétrica del bosón W (mediador de la interacción débil) del ME.

3. Neutrinos masivos.

Los neutrinos constituyen uno de los sectores de partículas que conforman el Modelo Estándar, y están presentes en tres especies (ó sabores), asociadas a cada una de las partículas ligeras del ME: el electrón, el muón, y el tau. El neutrino fue

propuesto en 1930 por el físico austríaco Wolfgang Pauli y su nombre se debe a Enrico Fermi, quien lo llamó así para distinguirlo del neutrón (neutrino quiere decir pequeño neutrón). Dentro del ME, los neutrinos no tienen masa, pues el mecanismo que se emplea para generar las masas de las partículas del ME a través de la interacción con el Higgs, requiere asumir nuevas partículas en el caso de los neutrinos. Sin embargo, observaciones realizadas en diferentes contextos (neutrinos solares, neutrinos atmosféricos, neutrinos en aceleradores y neutrinos en reactores) muestran que estas partículas pueden cambiarse de una especie a otra en lo que se ha denominado oscilaciones de neutrinos. La explicación de este efecto implicaría que los neutrinos deben tener masa y que nuevos neutrinos deben estar presentes, éstos serían diferentes a los del ME y mucho más masivos. Para algunos modelos, estos nuevos neutrinos estarían en el rango de energías del FCC.

Estos tres casos que hemos mencionado no son los únicos escenarios en los que el FCC podría contribuir a detectar nueva física que permitiría responder algunas de las interrogantes fundamentales de la estructura de la materia y de la cosmología. El espectro completo de posibilidades del FCC se encuentra discutido en el reporte que presenta el CERN.

Con un proyecto de un nuevo colisionador de partículas a escalas que representan un reto y una promesa de encuentro con física nueva y fundamental, el FCC está a la espera de los 100 km y los 100 TeV que le separan de cumplir su papel en la historia de la ciencia.

*Instituto de Física y Matemáticas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
astorga@hotmail.co.uk

Notas.

1. La información utilizada en este artículo fue obtenida del portal electrónico del CERN y del proyecto del FCC que allí se presenta: <https://cds.cern.ch/record/2651294/files/CERN-ACC-2018-0056.pdf>
2. Una vehemente argumentación a favor del proyecto de China para el nuevo acelerador CEPC y el SPPC, puede encontrarse en *Should China build the Great Collider?*, Stephen Hawking and Gordon Kane, arXiv:1804.00682v1 [physics.soc-ph].
3. El Modelo Estándar se discute en muchos textos de física de partículas y en formatos más simples como [http://theconversation.com/the-standard-model-of-par-](http://theconversation.com/the-standard-model-of-par-ticle-physics-the-absolutely-amazing-theory-of-almost-everything-94700)

ticle-physics-the-absolutely-amazing-theory-of-almost-everything-94700

4. El electronVolt (eV) es una unidad de energía equivalente a 1.6×10^{-19} joules y proviene de la energía que adquiere un electrón al ser acelerado en una diferencia de potencial de un volt. Su uso se ha extendido en diferentes campos de la física y puede utilizarse también como unidad de referencia para otros parámetros físicos como la masa y la temperatura mediante el empleo de las constantes físicas apropiadas. Por ejemplo, la masa del protón en estas unidades es de $0.938 \text{ GeV}/c^2$ ($\text{GeV} = 10^9 \text{ eV}$), que surge de la relación de Einstein $E = mc^2$.

ENTREVISTA

Dr. Cuauhtémoc Sáenz Romero

Por Horacio Cano Camacho / Roberto C. Martínez Trujillo



Fotografía: Miguel Gerardo Ochoa Tovar

O btuvo la licenciatura en Biología en la Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco (Ciudad de México), Maestría en Ciencias Forestales en la Universidad Autónoma Chapingo (Chapingo, Estado de México), y el Doctorado en Forestería, orientado al mejoramiento y genética de plantas, en la Universidad de Wisconsin-Madison (USA). Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel III y del Grupo de Trabajo sobre Recursos Genéticos Forestales, Comisión Forestal de América del Norte, FAO. Realizó estancias sabáticas en el Servicio Forestal Canadiense en la ciudad de Quebec, y en el Instituto Nacional de Investigación Agronómica (INRA) en Burdeos, Francia.

Es Profesor Investigador del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Uni-

versidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), en donde realiza investigaciones científicas desde hace 20 años. Algunos de sus proyectos de investigación han brindado resultados sobre la variación genética adaptativa, isoenzimática de pinos de Michoacán, como *Pinus oocarpa*, *P. michoacana*, *P. hartwegii* y *P. pseudostrobus*, encaminados hacia el mejoramiento de las reforestaciones y la conservación de los bosques de coníferas de Michoacán

Ha publicado 80 artículos arbitrados indizados sobre mejoramiento genético forestal, variación genética de caracteres cuantitativos con valor adaptativo entre poblaciones de especies forestales e impactos potenciales del cambio climático en especies forestales.

¿Qué investigaciones realizas y cómo llegaste a estudiar sobre el cambio climático en cuestiones forestales?

Estudié Biología en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco e hice un servicio social con la modalidad de tesis con un estudio de la regeneración de poblaciones de Ceiba parvifolia, un árbol de selva seca, con producción en vivero por semilla y mediante raíces engrosadas. Esto me llevó a trabajar en la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, en Zacatlán de las Manzanas, en Chignahuapan, Puebla, lugar donde hay silvicultura muy importante de *Pinus patula*, un especie de rápido crecimiento, realmente donde inicié con estudios forestales. Después, en mis estudios de maestría en la Universidad Autónoma de Chapingo, continué en el área de Ciencias Forestales especializándome en Mejoramiento Genético Forestal, y me formé como Doctor en Ciencias en la Universidad de Wisconsin (Estados Unidos de América), trabajando variación de poblaciones de especies forestales. En el año 2000, me incorporé como profesor investigador en la UMSNH, iniciando investigaciones con *Pinus oocarpa*, una especie de pino que crece a bajas altitudes como de 1100-1200 m, que por cierto, al presentar los resultados de estos estudios en un congreso, un profesor me cuestionó sobre el clima –y, desde ahí me introduje al tema del cambio climático-, desarrollando a partir de entonces, investigaciones sobre la influencia del clima en la variación de las poblaciones de especies forestales.

Nature, una de las revistas científicas más prestigiadas en el mundo, publicó un artículo que luego fue retomado por la prensa en forma de reportaje sobre una de las investigaciones en que participas, referente a la mariposa monarca y al problema altitudinal con los árboles oyameles ¿Cómo va este asunto?

Antes de entrar a la cuestión técnica, quiero destacar la portada de ese reportaje periodístico. Ahí está don Pancho, don Francisco Cruz, aparece regando árboles de oyamel --que le llevamos nosotros-- en un vivero rústico en su casa en la comunidad de La Mesa en el Estado de México, en la orilla de la Reserva de la Biósfera de la Mariposa Monarca.

La autora de este reportaje capturó el componente humano de este asunto: sin una persona como don Pancho no es posible cambiar el manejo forestal. Son necesarios actores locales como él, con gran conciencia ecológica, inteligentes para resolver problemas prácticos, para sortear dificultades para la gestión comunitaria en los ejidos y muy honestos.

Esto también implica para nosotros un reto importante, hacer divulgación, porque sin conciencia ecológica en la ciudadanía no van a cambiar las cosas. Así es que estoy muy complacido con ese re-

portaje referido a las tareas que hicimos allá con el doctor Arnulfo Blanco y los alumnos Alain Carbajal y Esmeralda Navarro, entre otros.

También hemos colectado semilla en un gradiente altitudinal dentro de la Reserva de la Biósfera y en el cerro de San Andrés, donde hay árboles de oyamel (*Abies religiosa*). Hemos producido planta en vivero que la plantamos a una altitud mayor que la de su origen, justamente para medir esa cuestión de su capacidad de sobrevivir a temprana edad -que es cuando son más susceptibles al clima presente-, y se adapten al clima futuro.

Esto fue una idea de los doctores Arnulfo Blanco y Roberto Lindig de la Facultad de Biología (UMSNH) y del Instituto en Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (UNAM, Campus Morelia), respectivamente, que consiste en usar las plantas nodriza, o sea arbustos locales que sirven como una cobertura protectora para las plántulas. De manera que plantamos oyameles de altitudes diferentes bajo la sombra de arbustos y fuera de esa sombra. Los arbustos ya estaban ahí en centros de reforestación, en un sitio perturbado por incendio desde hace 25 años, donde no hay plena regeneración.

Generalmente decimos “vamos a dejar que la naturaleza opere cuando hay incendios, pues ella recicla los nutrientes”, pero la verdad es que está el componente humano como la tala legal e ilegal, el pastoreo, el ecoturismo, que llevan entre otros efectos, la erosión en los caminos. Entonces, la naturaleza no puede actuar como debería y por eso



Fotografía: Miguel Gerardo Ochoa Tovar



debemos de implementar proyectos de reforestación.

En nuestro caso, esa reforestación inició en ese sitio donde hace 25 años hubo un incendio, dejando áreas sin árboles o con muy pocos árboles, debido a que año con año ha sido reforestado y se ha fracasado en gran medida. Entonces, lo que se hizo fue plantar bajo los arbustos, arbolitos de oyamel, consiguiendo óptimos resultados: la supervivencia de árboles bajo arbustos es de entre el 80 y 90 %, y fuera de los arbustos, después de año y medio a tres años y medio de plantarlos, es solamente de 15%, una abismal diferencia entre plantar bajo sombra y fuera de la sombra.

¿Es importante la procedencia de la semilla para plantar esos árboles? Y ¿ese proceso puede tener una consecuencia directa en la conservación de la mariposa monarca?

Plantas que fueron originadas de semillas colectadas metros más abajo y se cultivaron 400 m más arriba, mostraron una supervivencia alta al cultivarlos bajo los arbustos, igual que las plantas de semillas locales. A esta metodología la denominamos migración asistida protegida. Las plantas se producen vía vivero, se replantan y se les cubre con un manto protector contra temperaturas extremas tanto en época de secas como en invierno.

Hay mucho interés de Canadá, Estados Unidos y México, por lo que existe un fondo tri-nacional para financiar vía Organizaciones No Gubernamentales (ONGs) como apoyo a comunidades para la producción de planta, importante en el manejo de una reserva. Pero en mi perspectiva, hay tres medidas centrales que deben de realizarse: una es la vigilancia, para evitar el saqueo de madera de manera ilegal; la segunda, el ecoturismo, como una fuente de ingreso alternativo que le quita presión a la gente para que no corte madera; una tercera es la reforestación, pero si lo reforestado tiene una

supervivencia del 15%, esta medida puede resultar un poco cara.

En nuestras propias plantas en experimento, estamos viendo como mueren de febrero a la primera parte de mayo, que es cuando ocurren importantes porcentajes de mortalidad, tanto por heladas como por sequía.

En tus investigaciones en torno a la mariposa monarca, un símbolo muy importante para Michoacán y nuestro país ¿Con qué grupos de investigación estás interactuando?

Los principales colaboradores en México son los que ya mencioné, el Dr. Arnulfo Blanco y el Dr. Roberto Lindig, y del extranjero, nuestra guía de manejo está en la provincia de Columbia Británica, en la costa del Pacífico de Canadá. Allá tienen ya muy avanzada la migración asistida, a tal punto que tienen un sistema en la web, donde un silvicultor que se propone reforestar su predio y da "clic" para ubicarse en el mapa de la computadora, le aparece una lista de la semilla disponible en los lotes de los bancos de semilla del gobierno provincial, lotes que ya contemplan la migración asistida, es decir, la semilla disponible siempre tiene un componente de migración asistida. Son los más avanzados en el mundo.

Por otra parte, durante el año 2009 en Oaxaca hubo un congreso de la Sociedad Americana de Recursos Forestales, donde me tocó traducir la ponencia del Dr. Tom Ledig -quien ya falleció-, un genetista muy famoso, quien ha contribuido a la comprensión de la variación genética de las coníferas mexicanas. Él dijo en aquella ocasión «En el futuro, los bosques que tengamos sanos van a ser bosques plantados».

Esta afirmación me impresionó muchísimo, al traducirla me sorprendió. Me pareció una afirmación muy radical, pero viniendo del Dr. Tom Ledig pensé que siendo él, el mayor conocedor de la

variación genética de las coníferas mexicanas, seguramente tenía razón. Y ahora estoy mucho más convencido. En Columbia británica están transitando en esa dirección, ya que están plantando de manera comercial y cotidiana mediante la migración asistida.

Al respecto de las reservas naturales ¿cuál es su situación actual y sus perspectivas?

Hay reservas naturales tanto en Canadá como en México, y ¿qué está pasando en las reservas naturales? Con algunos colaboradores del Grupo de Trabajo de Recursos Genéticos Forestales de la Comisión Forestal de América del Norte, organismo de la FAO, en una visita al Nevado de Colima, un volcán de gran altitud en nuestro país con más de 4,000 metros, me impresionó el grado de deterioro de los bosques de *Pinus hartwegii*, una especie de pino que crece a mayores altitudes, entre 3000 y 4000 m, deterioro que principalmente es debido a la presencia de un escarabajo plaga, que conocemos como descortezador, que penetra bajo la corteza y sus larvas hacen túneles que dañan y matan el tejido vivo de los árboles.

Esto es para reflexionar...

Sí, es para reflexionar, de qué sirve tener reservas naturales si la idea de preservar lo que es natural se está deteriorando a gran velocidad, ya que la propia larva también está sufriendo los efectos del cambio climático, creciendo a estas altitudes, quizás donde antes no estaba. En estudios realizados por los doctores Víctor Hugo Cambrón Sandoval y EK del Val, entre otras personas, un proyecto en el que colaboré financiado por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y el CONACYT, con trampeos altitudinales del descortezador se documentó que este escarabajo va hacia mayores altitudes, aparentemente con una mayor reproducción.

Esto se relaciona con lo que expliqué al inicio, que de febrero a mayo por el clima tan seco, los árboles se van estresando cada vez más y al debilitarse, dejan de tener la capacidad de defenderse del escarabajo, incluso esos árboles son susceptibles a otras enfermedades y a los incendios.

¿Qué debería estudiar un joven para "entrarle" a estos temas y cuáles fueron tus estudios iniciales?

Las disciplinas cercanas son la biología y las ciencias forestales, o sea la ingeniería forestal o la agroforestería, que es la combinación de un poco de biología y ciencias forestales.

Como mencioné al principio, soy biólogo, pero mis primeros trabajos fueron en el distrito forestal de Zacatlán de las Manzanas, Puebla. Mis compañeros de trabajo eran ingenieros forestales, de quienes entendí qué hacen y la manera en que piensan. Puedo transitar en cierta manera de la ló-

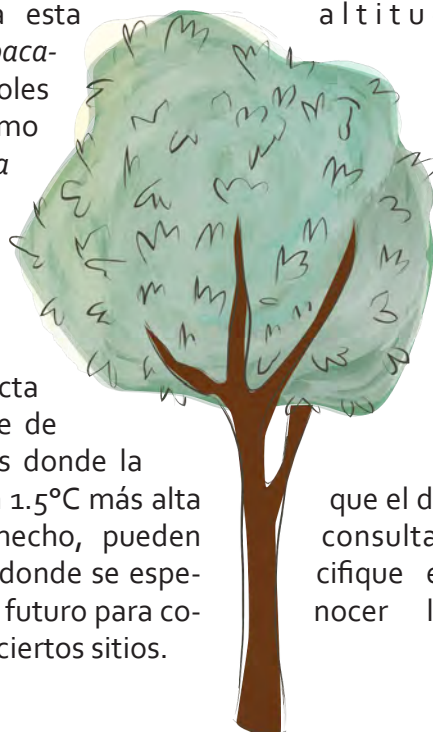
gica de los biólogos a la lógica de los ingenieros forestales, que a veces es opuesta o complementaria. Ahora, por mi parte tengo muy claro cuál es el manejo forestal adecuado que necesitamos en las áreas naturales protegidas como la Reserva de la Biósfera de la Mariposa Monarca y la del Nevado de Colima. Por ejemplo, los árboles del bosque afectados por el descortezador en el Nevado de Colima, hay que cortarlos para detener los brotes de esa plaga, con la idea de hacer un manejo activo con una fuerte intervención humana, evitando la inacción ¿vamos a dejar que la naturaleza opere? ¿vamos a sacar al humano de las reservas?

¿Pero cuál es el contexto?

Lo normal en la atmósfera son 260 ppm de bióxido de carbono (CO₂) y estamos con 415 ppm, esto indica que el equilibrio ecológico está destruido a nivel planetario, se requiere de una acción humana importante para ayudar a la naturaleza, en lo que ella ya no puede hacer. Por ejemplo, hacer que las plantas de oyamel recién reforestadas en la Reserva de la Biósfera sobrevivan los calurosos meses de abril y mayo ¿Qué hay que hacer? ¡Darles una sombra!

En relación a la pregunta de qué deben de hacer los jóvenes ante este problema, en mi opinión no esperar todo del gobierno, la respuesta está en Don Pancho, actores locales que con cierto consenso comunitario pueden hacer las cosas diferentes, un buen ejemplo es el manejo que se hace en la Comunidad de Nuevo San Juan Nuevo Parangaricutiro. Los jóvenes no deben solo esperar cuántas y qué plantas puede darles las instituciones del gobierno, ellos pueden producir plantas propias y mi recomendación es muy simple -si van a reforestar un sitio de nuestra ciudad Morelia, 1900 metros de altitud, obtener semilla de sitios de 300 m menos de altitud, quizás ya no de la especie de pino que tenemos a esta altitud

como *P. michoacana*, sino de árboles de selva seca como *Ceiba parvifolia* y acercarse a expertos para saber que otra especies usar para reforestar-. La colecta de semillas debe de hacerse en sitios donde la temperatura sea 1.5°C más alta que el de referencia, de hecho, pueden consultar en la web donde se especifique el clima presente y futuro para conocer la temperatura de ciertos sitios.



ARTÍCULO

Oyameles: los guardianes del santuario

Carlos Alejandro Benítez Pineda / Carmen Zepeda Gómez



Biól. Carlos Alejandro Benítez Pineda, estudiante del Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Autónoma del Estado de México.
cabp.crash12@gmail.com

Dra. Carmen Zepeda Gómez, Coordinadora de Biología y Profesora de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma del Estado de México.
zepedac@uaemex.mx

Los bosques de oyamel, pese a tener una distribución tan reducida, resaltan en México debido a sus características ecológicas, florísticas y por su belleza escénica, siendo los bosques que permiten la migración e hibernación de la mariposa monarca. Además, estos bosques tienen una gran importancia en el país debido a los diversos servicios ambientales que proporcionan, destacando su función en la captación y abastecimiento de agua para la población humana. Sin embargo, debido a la acelerada tasa de deforestación que se ha experimentado en los últimos años en México, así como el cambio climático y el aumento de la temperatura de forma global, es muy posible que estos bosques se encuentren en peligro. Dada la importancia de esta cobertura potencial, se han implementado si-

tios estratégicos para su conservación como es el caso del Parque Estatal Santuario del Agua Corral de Piedra en el Estado de México, siendo un área de protección importante ya que forma parte del sistema Cutzamala que abastece de agua a gran parte del Valle de México.

Importancia de los bosques

Pocas veces somos completamente conscientes de la amplia variedad de beneficios que nos aportan los bosques, podemos reconocer fácilmente algunos como ser el hábitat de animales, la producción de frutas, semillas y hongos comestibles, así como plantas medicinales y madera para construir muebles, habitaciones o crear fogatas; igualmente reconocemos su importancia para producir el oxígeno que respiramos, e incluso los llegamos a relacionar como zonas de relajación, donde podemos "conectarnos" con la naturaleza y alejarnos de la ruidosa y contaminada ciudad.

Sin embargo, ignoramos otros beneficios importantes que los bosques nos brindan, tales como la retención del suelo, la protección contra la erosión y los deslaves, la captura de CO₂ (eliminación de dióxido de carbono del aire a través de las hojas de las plantas), la regulación del clima por sus efectos en la temperatura y humedad, así como la captación, retención e infiltración del agua de lluvia.

Al capturar y almacenar importantes cantidades de agua de lluvia, los bosques facilitan la recarga de mantos acuíferos y presas lo que es indispensable como fuente de agua para la humanidad. La organización de las diferentes especies de plantas del bosque y en particular la forma de los árboles funciona algo parecido a un embudo; el agua de lluvia que cae sobre las hojas del bosque escurre a través de las ramas y troncos a una velocidad más lenta comparada que si no estuvieran, lo que disminuye los efectos erosivos del agua sobre el suelo y evita que se acumule densamente sobre él. Al funcionar como un sistema, las raíces, la hojarasca y la porosidad del suelo a su tiempo actúan como una esponja que absorbe y filtra el agua hacia el subsuelo y los mantos freáticos.

Pero, no toda el agua que cae se incorpora a los mantos freáticos, ríos y presas. Una cantidad

importante se evapora a través de la vegetación o directamente y con ello vuelve a la atmósfera, incorporándose a las nubes que eventualmente será liberada para continuar el ciclo.

De esta forma, la remoción de bosques interrumpe la captación de agua y detiene la recarga de los mantos acuíferos, lo que altera el ciclo del agua, aumentando las inundaciones en algunos lugares o provocando sequías en otros.

Los bosques de oyamel

Los oyameles o abetos en México son las plantas más utilizadas como árboles de navidad, sobre todo los de la especie *Abies religiosa*, cuyo nombre refiere a la forma de cruz de las puntas de sus ramas.

En el territorio mexicano, la distribución de los bosques de oyamel es dispersa, formando pequeños manchones aislados en las partes más elevadas de los principales volcanes del centro de México, como Iztaccíhuatl, Popocatepetl, Xinantécatl, Nevado de Colima y Pico de Orizaba. Se calcula que estos bosques solo cubren el 0.1% del país, siendo la Reserva de la Biósfera de la Mariposa Monarca, una de las principales regiones para su conservación. Además, los bosques de oyamel albergan las condiciones adecuadas que permiten la hibernación anual de la mariposa monarca (*Danaus plexippus*), siendo el oyamel la única especie arbórea donde estas mariposas pasan el invierno.

Sin embargo, se ha estimado que la cobertura total de estos bosques ha disminuido en los últimos años debido, principalmente al cambio de uso del suelo y a la tala de árboles para abrir sitios de ganadería, agricultura o para la expansión de zonas urbanas.

Los bosques de oyamel son ecosistemas frágiles y tienen características ecológicas especiales asociadas con factores climáticos y edáficos. Debido a las condiciones climáticas tan específicas para su desarrollo y como consecuencia de las elevadas tasas de deforestación, contaminación y el cambio climático, es posible que se encuentren en riesgo de desaparecer en un futuro.

En estudios recientes han estimado que a futuro habrá una reducción significativa de los sitios





adecuados para el desarrollo de *Abies religiosa*. Basados en la predicción de que para finales del siglo, la temperatura media de la faja volcánica mexicana aumentaría en 3.7°C, se calcula que los bosques de oyamel se reducirán en 69.2% para el 2030, 87.6% para el 2060 y 96.4% para el 2090.

De acuerdo con esas estimaciones, para el 2030 se esperaría que el bosque de oyamel de la Reserva de la Biósfera de la Mariposa Monarca prácticamente desapareciera. Además, se prevé que estos bosques migren altitudinalmente, es decir, que la altitud en la que se desarrollan sus poblaciones aumente para establecerse en áreas con las condiciones climáticas adecuadas para la especie. Sin embargo, debido a la poca tolerancia de esta especie a la relativa sequía que existe a mayor altitud, es poco probable que el ascenso se pueda dar de manera natural.

Para evitar su desaparición, se ha recomendado auxiliar la migración de los bosques a mayores altitudes sobre las montañas en las que actualmente habitan. Sin embargo, esta estrategia podría no ser viable debido a que las zonas más altas de las montañas ya están ocupadas por una especie arbórea, mejor adaptada a las condiciones adversas que se presentan a mayor altitud, tal como el conocido pino de las alturas (*Pinus hartwegii*).

Pero aún cuando se pueda consolidar la mi-

gración altitudinal del oyamel, no se sabe cuál sería el comportamiento de la mariposa monarca al cambio del hábitat donde ésta hiberna. Además, es muy probable que los servicios ecosistémicos que actualmente nos brindan las masas forestales de oyamel se modifiquen o se pierdan.

Los santuarios del agua

Dada la importancia de los bosques para mantener y abastecer de agua a la población humana, y al hecho que los mantos acuíferos se encuentran sobre explotados, el gobierno del Estado de México ha establecido Parques Estatales denominados "Santuarios del Agua", que son áreas estratégicas cuya finalidad es proteger, conservar y aprovechar de manera sustentable todos los recursos naturales, la biodiversidad y el ambiente en general, pero sobre todo mantener el recurso del agua. Si la intención primordial de estos santuarios es proteger el agua para el beneficio de los núcleos urbanos que demandan este vital líquido, entonces es indispensable tener estrategias que ayuden a mitigar el daño producido al ecosistema y en particular a la vegetación. En todo el mundo, los santuarios del agua se observan como una verdadera alternativa para conservar la biodiversidad y los servicios que nos brindan, sobre todo para mejorar el cultivo del agua. En el Estado de México, la Comisión Estatal

del Parques Naturales y de la Fauna, registra en total 88 Áreas Naturales Protegidas de las cuales 21 (581,188.2 ha) pertenecen a la categoría de Santuarios del Agua.

Santuario del Agua Corral de Piedra

Amanalco es un municipio del Estado de México que resalta por la importancia y abundancia de sus ríos, manantiales, arroyos, bordos, lagos y acueductos, por lo que en el 2003 el Gobierno del Estado de México implementó la protección de una sección estratégica del municipio, declarándola como "Parque Estatal Santuario del Agua Corral de Piedra".

El Santuario del Agua Corral de Piedra se ubica en la cuenca del Valle de Bravo-Amanalco, considerada como zona estratégica a nivel nacional por su capacidad para captar agua. Presenta una vegetación variada, conformada principalmente por bosque de coníferas, con el oyamel como la especie predominante y nacionalmente reconocida por su alta capacidad para captar agua, infiltrándola y recargando los acuíferos subterráneos. Así, el santuario del agua contribuye en la recarga del Río Amanalco, la presa del Valle de Bravo y en general en las

reservas de la Cuenca Cutzamala, la cual abastece las necesidades de cerca de dos millones de habitantes de Toluca, Metepec y la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

Por si esto fuera poco, el Santuario del Agua Corral de Piedra alberga la colonia de hibernación de la mariposa monarca denominada Piedra Herrada, una de las pocas áreas de hibernación ubicadas fuera de la Reserva de la Biósfera de la Mariposa Monarca y con los mayores datos de arribo al Estado de México, siendo la extensión del bosque de oyamel que prevalece en la región lo que hace posible el arribo anual de estos lepidópteros.

Esto es un ejemplo de la gran importancia ecológica que tienen los bosques de oyamel pese a su poca extensión en el país. Sin embargo, debido a la alta tasa de deforestación que se ha experimentado en los últimos años, es responsabilidad nuestra la creación de estrategias que contemplen la conservación y perpetuación a futuro de la cobertura forestal y los servicios que proporcionan, para permitir que los oyameles sigan cumpliendo su función de Guardianes del Santuario.



Suarez, G. (2018) Parque Ecoturístico Corral de Piedra: el ecoturismo como actividad económica sostenible para los ejidos forestales. Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sustentable. Recuperado de <http://www.ccmss.org.mx/parque-ecoturistico-corrall-piedra-ecoturismo-actividad-economica-sostenible-los-ejidos-forestales/>.

SEMARNAT, (sf). Mariposa Monarca, Santuarios. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado

de <http://mariposamonarca.semarnat.gob.mx/santuarios.html>

FAO, (sd). Servicios de Regulación. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado de <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/background/regulating-services/es/>

ARTÍCULO

Burseras ¿Alebrijes en la naturaleza?

Yessica Rico Mancebo del Castillo



*D.C. Yessica Rico Mancebo del Castillo, Investigadora Cátedra-CONACYT en el Instituto de Ecología, A.C. Centro Regional del Bajío, México.
yessica.rico@inecol.mx.*

Haciendo una analogía con los alebrijes, criaturas fantásticas de brillantes colores y que son una mezcla de partes de distintos animales, la hibridación es un proceso biológico que involucra el intercambio genético entre dos especies y que resulta en un individuo con características mixtas entre las dos especies. La hibridación es un fenómeno frecuente en la naturaleza, y puede ser un proceso creativo que genera diversidad genética y adaptación al ambiente, pero también puede generar lo opuesto y conducir a la extinción. La hibridación es más común en las plantas, tal es el caso de las burseras (*Bursera* spp), árboles resinosos y aromáticos que habitan regiones cálido-secas, y cuyo centro de origen y diversidad, es México. Utilizando a las burseras como ejemplo,

aquí te explico el fenómeno de la hibridación y sus consecuencias, así como el interés de su estudio»

Con llamativos y brillantes colores, los alebrijes son una de las artesanías más populares en México, y es que es inevitable sentirse fascinado por estas criaturas, elaboradas de cartón o madera, que representan animales fantásticos. Los alebrijes parecen salidos de los sueños más lunáticos de sus creadores, y la característica que los distingue como tal de otras figurillas, es su mezcla de partes de animales imaginarios y reales; criaturas pues (muchas veces monstruosas), que no existen en la naturaleza. ¿Será? Para que una criatura de éstas sea real, involucraría que dos especies distintas sean capaces de copular y dejar descendencia. Este fenómeno, aunque parezca descabellado, es común y recurrente en la naturaleza, y se le conoce en la jerga científica como hibridación.

La hibridación natural

La hibridación involucra el intercambio genético entre dos especies y cuyo fruto es un individuo con características de ambas especies parentales. La hibridación es más probable que ocurra entre especies cercanas filogenéticamente, es decir emparentadas por un ancestro común y reciente, y es un proceso estudiado desde hace siglos por los científicos. Carlos Linneo, el padre de la disciplina que estudia la clasificación de los organismos, reconoció a la hibridación como un proceso que puede conducir a la formación de nuevas especies. Aunque, tradicionalmente se especulaba que la hibridación era un fenómeno aislado, sin consecuencias ecológicas o evolutivas relevantes, ya que las especies desarrollan barreras reproductivas que limitan la formación de híbridos. Por ejemplo, las barreras conocidas como precigóticas,

es decir que ocurren antes de la fecundación, se tratan de mecanismos físicos o de comportamiento que evitan que las especies cercanas se encuentren en un mismo espacio geográfico o tiempo, impidiendo el intercambio genético. Pero si éste ocurre, existen otros mecanismos conocidos como barreras postcigóticas, que hacen que el embrión resulte inviable, o bien resulte ser un individuo estéril o con baja capacidad de sobrevivir a la etapa adulta. Sin embargo, la idea de que la hibridación carece de relevancia ha cambiado radicalmente, ya que investigaciones en décadas recientes apuntan a la hibridación como un proceso creativo, generador de variación genética y adaptación, pero también como un proceso que puede conducir a la extinción en el mediano y largo plazo.

Pero ¿cómo reconocemos a los híbridos? ¿qué tan frecuentes son? Generalmente un híbrido puede reconocerse por presentar características morfológicas intermedias entre dos especies, tal como reconocerías a un alebrije. Por ejemplo, el híbrido entre una hembra de oso polar y un macho de oso grizzli, conocido como grolar y que ocurre en la naturaleza, puede reconocerse por presentar un pelaje blanco parecido al oso polar, pero con largas garras, cara poco profunda, y con parches marrones alrededor de los ojos, nariz, espalda, y patas, todas características de un oso grizzly.

En plantas, observaríamos algo similar, por ejemplo, una especie de flores rojas y otra de flores blancas, pueden dar origen a un individuo de flores rosas. ¿Simple no? En la realidad no siempre es tan evidente. Hay híbridos con características morfológicas sutiles que pasan desapercibidos hasta por los especialistas, y sólo se logra evidenciar su origen mixto cuando se usan métodos químicos o moleculares.

La hibridación es más común en las plantas que en los animales, tal vez, relacionado con la mayor variedad de sistemas reproductivos que tienen las plantas. Numerosas especies vegetales son capaces de formar híbridos, tal como las orquídeas,

los encinos, las compuestas, las plantas carnívoras, o los pinos. De hecho, la hibridación vegetal ha tenido repercusiones dramáticas en la forma en que producimos nuestros alimentos, ya que los agricultores han creado variedades cultivables a partir

de la mezcla de especies distintas con la finalidad de obtener variedades con características mejores con respecto al crecimiento, tamaño,



madurez, color, sabor, forma, o resistencia a plagas y enfermedades.

Dichas características de mayor vigor, es decir superiores a los padres, pueden ser comunes en la primera generación de híbridos, denominada F1. Sin embargo, los híbridos resultantes pueden ser estériles, o bien pueden ver disminuida su fertilidad en la segunda generación, llamada F2, de tal forma que no pueden perpetuarse en la naturaleza. Pero, lo fascinante desde el punto de vista evolutivo es que a veces los híbridos pueden superar estas barreras llegando a formar poblaciones estables, y siendo capaces de reproducirse con una o ambas especies parentales. A este fenómeno se le conoce como retrocruza, y una consecuencia a largo plazo es que dos especies que estaban diferenciadas genéticamente pueden convertirse en una sola, o la especie que sufre introgresión puede perder su identidad genética, llevándola a la extinción.

¿Pero bajo cuáles condiciones el híbrido puede establecerse?

¿Existen zonas donde ocurra mayor formación de híbridos?

Para abordar estas preguntas emplearé a



Fotografía: Yessica Rico Mancebo del Castillo

las burseras (*Bursera* spp), un género de árboles conocidos como copales y cuajijotes; por cierto, árboles cuya madera es valorada y usada por artesanos de Oaxaca para la elaboración de alebrijes.

Una flora muy mexicana

El género *Bursera* tiene un poco más de 100 especies de arbustos o árboles aromáticos y resinosos, los cuales pierden sus hojas en la época seca del año. Su distribución es exclusivamente americana, siendo México el país con la mayor diversidad de especies, de las cuales alrededor de 80 son exclusivas del país. Son especies con importancia cultural desde la época prehispánica, de hecho, la palabra copal proviene del vocablo náhuatl "copalli", nombre que se le daba a las resinas olorosas para producir incienso. Además, por su condición de tener una madera blanca y que puede tallarse fácilmente, se les ha utilizado para la elaboración de artesanías como los alebrijes en Oaxaca, o para elaborar máscaras y figurillas en Tócuaro, Michoacán. A parte de su importancia social, también tienen importancia biológica, ya que se ha reconocido que las burseras evolucionaron en el occidente mexicano a la par de los bosques tropicales secos, en donde son elementos que dominan el paisaje.

Los híbridos de bursera

La hibridación es un proceso frecuente en las burseras, y que pudo tener importancia en su evolución. Hay datos que muestran el origen híbrido de diversas especies, algunas de ellas demostradas con estudios genéticos como *B. brunea*, *B. ovata* y *B. gracipiles*, todas especies del Caribe, y que fueron primero reconocidas por sus características intermedias en la apariencia de las hojas. Otro ejemplo es *B. medranoana*, la cual Evangelina Ortiz y Jerzy Rzedowski (uno de los botánicos más notables en México) describieron como una especie de origen híbrido. La especie fue descubierta durante exploraciones botánicas en la Barranca de Tolantongo en Hidalgo, en donde observaron la ocurrencia de árboles con hojas parecidas a *B. schlechtendalii*, pero con corteza rojiza y aroma resinoso muy fuerte parecido a *B. morelensis*.

Llamo la atención que todos los híbridos producían frutos, aunque escasos, y sus flores no tenían granos de polen en las anteras. Debido a que la producción de resina es una característica de las burseras, en donde cada especie en principio, puede sintetizar una resina diferente, es que decidieron hacer análisis químicos para evaluar si los terpenos (compuestos orgánicos que son la base de las resinas) de los híbridos, eran una



Fotografía: Yessica Rico Mancebo del Castillo

mezcla de ambas especies. Efectivamente su hipótesis era correcta, ya que la composición de terpenos en *B. medranoana* era una combinación entre los terpenos de ambas especies parentales. La incógnita pendiente era la fertilidad del híbrido.

Espera un momento ¿acaso no mencioné que los híbridos tienen producción de frutos? Pues resulta que en las plantas puede ocurrir un mecanismo denominado apomixis, que es la producción de semillas a través de reproducción asexual, es decir cada semilla es una copia genética idéntica de la planta madre. A pesar de tener sólo reproducción asexual, esta especie híbrida parece estar bien adaptada a su ambiente.

La formación de híbridos en *Bursera* ocurre en áreas donde convergen especies relacionadas. Dichas áreas que podrían denominarse zonas híbridas pueden ser muy restringidas, como en la Barranca de Tolantongo o pueden ser zonas extensas como en el noroeste de Michoacán. En esta región convi-

ven tres especies que forman híbridos, los cuales se ha comprobado que no son estériles, ya que son capaces de producir flores con polen viable, mientras que la producción de frutos es abundante.

Un supuesto que se puede hacer de las zonas híbridas es que presentan condiciones ambientales distintas, por ejemplo, de humedad y temperatura, que favorecen la supervivencia de los híbridos al ser sitios donde la competencia por recursos con las especies parentales no es muy fuerte, o donde los híbridos están mejor adaptados que los parentales. Estos supuestos son hipótesis que necesitarán comprobarse en el futuro. La hibridación natural es un tema de investigación de gran interés científico, y al igual que los alebrijes, podemos decir que en principio es un proceso generador de diversidad, pero cuyas consecuencias sobre la evolución de las especies aún estamos por conocer y predecir.

SaberMás

Dorado, R.O. y Rangel A.G. 2009. Cruza entre plantas: Hibridación. *Hypatia*, 30. https://www.revistahypatia.org/~revistah/index.php?option=com_content&view=article&id=301&Itemid=427

Flores, F.G., Vega F.K., Aguirre L.R. y Valencia A.S. 2016. Hibridación y poliploidía en plantas. *Ciencias*, 120-121. <http://www.revistaciencias.unam.mx/>

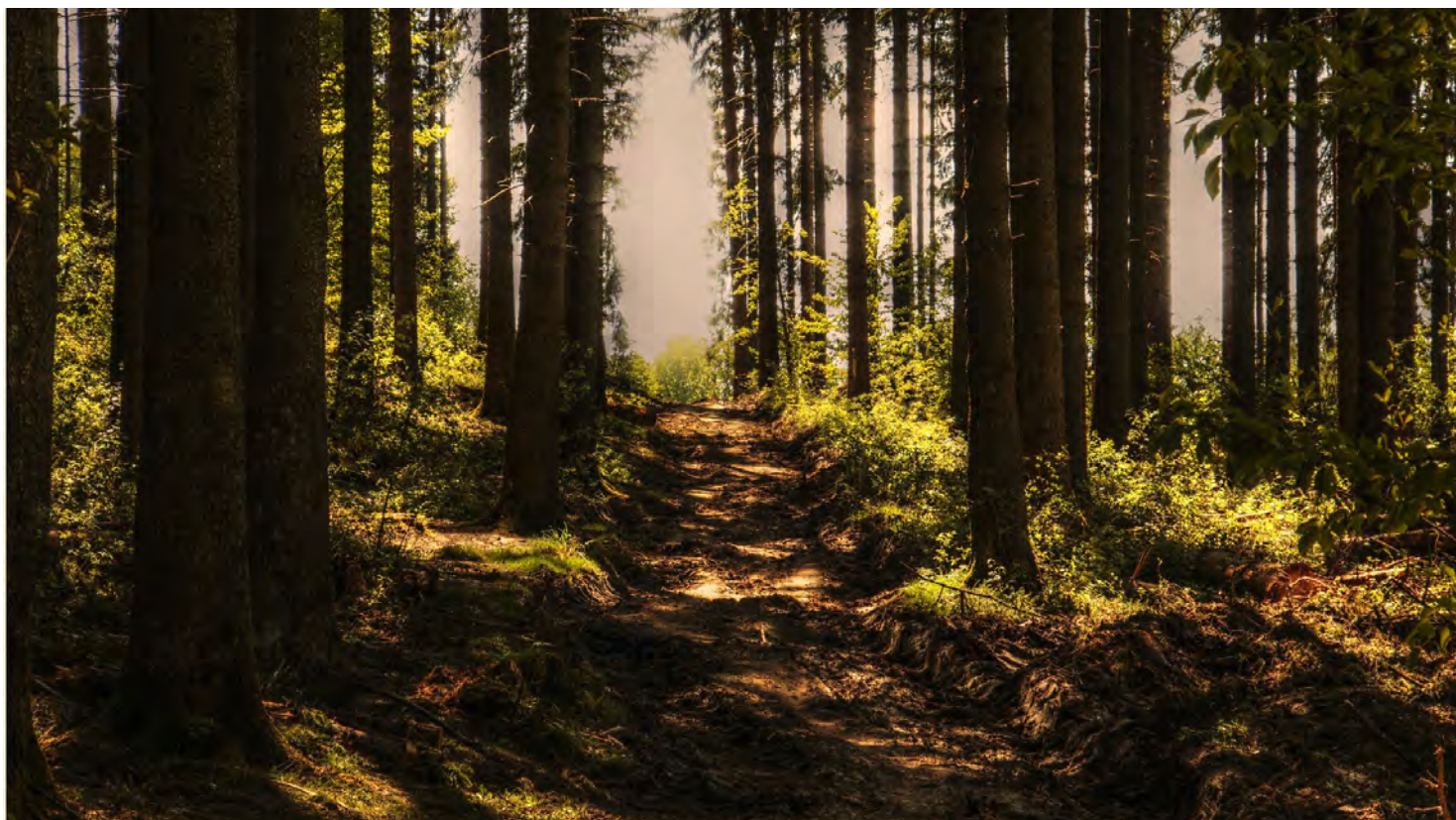
[es/202-revistas/revista-ciencias-120-121/1999-hibridacion-y-poliploidia-en-plantas.html](https://www.revistaciencias.unam.mx/es/202-revistas/revista-ciencias-120-121/1999-hibridacion-y-poliploidia-en-plantas.html)

Fioravanti, C. 2011. Cuando los híbridos son fértiles. *Pesquisa*, 185. <http://revistapesquisa.fapesp.br/es/2011/07/01/cuando-los-hibridos-son-fertiles/>

ARTÍCULO

La esperanza de la restauración ecológica

Carlos Antonio Flores Dimas



La problemática ambiental

Muchos ambientes del mundo enfrentan un serio problema de pérdida de diversidad biológica. De hecho, resulta muy probable que ningún país en el mundo esté libre de esta afectación. Basta con dar un vistazo a las noticias sobre la pérdida de miles de hectáreas de bosques y selvas, la explotación minera, los accidentes donde miles de litros de agua de ríos y mares son completamente contaminados y otras noticias igual de impactantes para darse cuenta del grado de devastación. Y resulta peor al considerar que los eventos no están aislados, si no relacionados de algún modo, por ejemplo, la tala lleva a la degradación y pérdida de suelos, y del suelo dependen las plantas terrestres que utilizamos como alimento, o los mortales impactos de la minería y los fantásticos electrónicos que obtenemos de ella. Resulta entonces que el declive en la biodiversidad, es una de las herencias

*Carlos Antonio Flores Dimas, estudiante del Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Laboratorio de Ecología de Poblaciones y Comunidades, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México.
charlyafd@gmail.com*

más dolorosas del progreso tecnológico y la sobrepoblación. Y se puede observar desde la alta definición de una pantalla de última generación.

El origen del grave problema que ahora enfrentamos se remonta a los inicios del aprovechamiento no sostenible de los recursos naturales, es decir, explotación y manejo inadecuado. Pero de lo perdido lo encontrado, en 1987 la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas realiza el informe titulado "Nuestro futuro común" (también conocido como "informe Brundtland") en el que se enlazan la economía y el cuidado del ambiente mediante un desarrollo sostenido. Fue la primera vez que se utilizó el término "desarrollo sostenible" y se definió como el desarrollo "que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias". Sin embargo, pareciera que el informe no fue leído en todo el mundo.

La FAO en su informe Nacional México, estima que este país ocupa uno de los primeros lugares a nivel mundial en tasas de deforestación, y subraya el círculo vicioso existente entre la degradación de los recursos forestales y la pobreza rural. Donde la pobreza limita la capacidad y conocimiento de las personas pobres para llevar a cabo actividades más

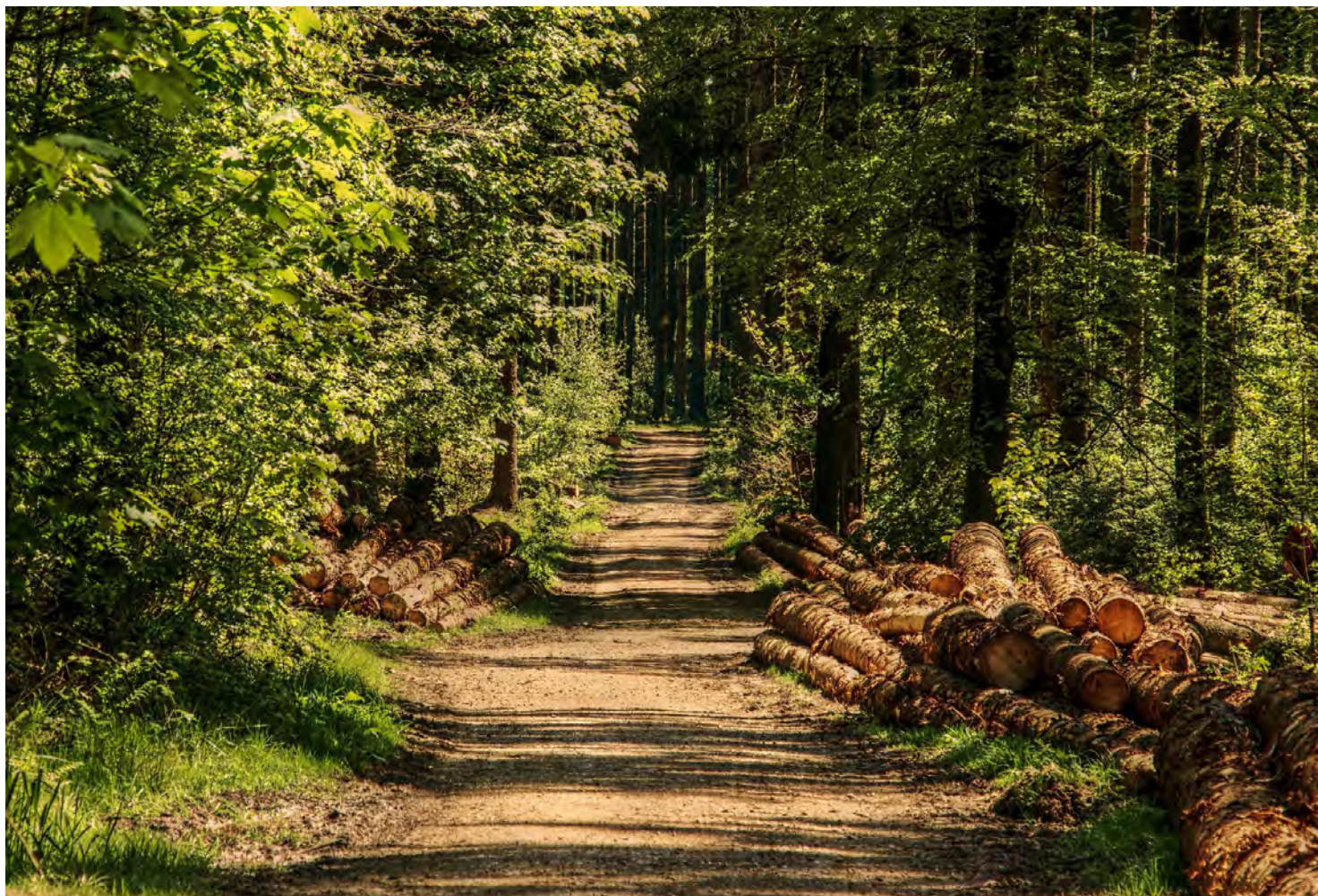
productivas o con miras al futuro sobre sus recursos forestales, y agotar estos recursos forestales lleva a la pobreza. Podemos afirmar entonces, que la verdadera riqueza de un pueblo está en sus recursos naturales y la forma en cómo los aprovecha. A partir de ello, y de la situación actual de muchos ecosistemas, se puede apreciar la restauración ecológica como un destello de esperanza ya que su objetivo principal es apoyar la recuperación de ecosistemas degradados en aras de reponer el capital natural.

La restauración debe abordarse a partir de dos bases fundamentales: 1) la dinámica de los ecosistemas, y 2) las presiones y modificaciones que el ser humano ejerce en los ecosistemas.

La dinámica de los ecosistemas y la perturbación

La comunidad de seres vivos y el ambiente físico donde se encuentran conforman un ecosistema. Y todos los ecosistemas están en constante cambio, muchas veces derivado de perturbaciones. Una perturbación es un evento discreto en el tiempo y espacio que modela ecosistemas al alterarlos. Las alteraciones podrían originar cambios en la disponibilidad de recursos, sustratos o el ambiente físico. Simultáneamente, inducir o agregar complejidad estructural y propiciar diferentes estadios





Madera muerta de árboles talados. Una perturbación que da origen a un microecosistema inmerso en la dinámica del ecosistema.

de sucesión ecológica, es decir, distintas etapas de desarrollo de una comunidad, todo en el mismo sistema. En general, un sistema con gran complejidad estructural presenta mayor riqueza de especies.

Los ciclos biogeoquímicos, como el ciclo del agua, del carbono, del fósforo y otros, también representan cambios en los ecosistemas y favorecen el establecimiento o no de diversas especies. Distintos cambios están dados por diferentes perturbaciones que ocurren también de forma natural, y que no deben confundirse con las provocadas por el hombre ya que no son equivalentes en cuanto a los efectos ecológicos. Por ejemplo, los incendios en bosques dependientes de fuego desencadenan reacciones importantes, donde al eliminar árboles viejos, enfermos o débiles se permite el crecimiento de nuevas plántulas. En contraste, los incendios provocados y controlados por el hombre no logran imitar la perturbación natural porque la intensidad, magnitud y frecuencia es muy diferente.

La restauración, la última esperanza

Las malas prácticas de manejo, los usos no sostenibles, la explotación desmedida, la conversión de los ecosistemas naturales a monocultivos o

sistemas de producción agropecuaria, entre otros eventos, hicieron necesario el desarrollo de nuevas técnicas de producción, amigables con el ambiente y sobre todo, han realzado el valor de los sistemas naturales y la importancia de su recuperación. Lo último es el motor de muchos investigadores dedicados al tema de la Restauración ecológica: la recuperación de un sistema o sus partes. Tema que plantea un enorme desafío pues deben conjugarse los conocimientos adquiridos de varias disciplinas para desarrollar una labor titánica. La restauración requiere de la aplicación de conocimientos en ecología, sin dejar de lado los factores sociales, políticos y económicos. El contexto socio-político juega un papel muy importante, pues son necesarios instrumentos de la política ambiental para decretar áreas a ser restauradas o protegidas, mientras que la sociedad puede estar completamente involucrada o excluida. Sin embargo, las complicaciones propias de los sectores político, social y económico plantean en sí mismas un reto a vencer que no debe ser una barrera infranqueable. Más importante aún, la restauración debe ser vista como un estimulante ante la urgente necesidad de recuperar espacios naturales.

Uno de los mejores ejemplos sobre restauración es el resultado del trabajo de Janzen en Guanacaste, Costa Rica. El Parque Nacional Santa Rosa solía tener bosque seco caducifolio o semicaducifolio que fue reemplazado debido a actividades humanas como agricultura, cacería, tala e incendios. El trabajo de restauración se centró en permitir que la naturaleza recuperara el área original al detener los fenómenos que la acosaban e impedían su desarrollo. La barrera social la sobrepasaron mediante una práctica de manejo social basada en la aceptación del proyecto a niveles local, nacional e internacional, es decir, la sociedad se involucró a tal grado con el proyecto que su participación fue pieza clave para el éxito. Con el paso del tiempo, Santa Rosa se convirtió en el núcleo del Área de Conservación de Guanacaste, un área 10 veces mayor. La clave de este trabajo: dejar que la naturaleza tomara su curso nuevamente, sin alteraciones humanas.

Existen otros ejemplos de restauración ecológica que han resultado exitosos en distintas áreas. El tiempo que tarda un proyecto de restauración en mostrar resultados, estará en función de los objetivos que persiga. Además, dada la complejidad natural de los ecosistemas, no siempre es posible

tener todo el conocimiento sobre los mismos, pero aun así resulta viable aventurarse con un conjunto de prácticas confiables para la restauración de dicho sistema. Para ello, varios autores recomiendan que se tenga el mayor conocimiento posible sobre interacciones ecológicas en el área a restaurar, particularmente sobre sucesión ecológica. Esto ayudará a identificar perturbaciones naturales como parte de los procesos inmersos en la dinámica de los ecosistemas, y así mismo, controlar los factores que representen amenazas como el pastoreo excesivo o los incendios provocados.

En retrospectiva

Pasaron alrededor de 10 minutos mientras leías estas líneas y varios ecosistemas eran fuertemente alterados. El problema de pérdida de biodiversidad sólo enfatiza la imperiosa necesidad de establecer acciones para conservar los sistemas naturales que aún tenemos, restaurar los que están degradados y desarrollar nuevos y más eficientes métodos de producción amigables con el ambiente. Es el momento de actuar y asegurar nuestro futuro y el de las generaciones venideras.



Calva-Soto K. y Pavón N.P. (2018). La restauración ecológica en México: una disciplina emergente en un país deteriorado. *Madera y Bosques*, 24(1) e2411135:1-11. <http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v24n1/1405-0471-mb-24-01-e2411135.pdf>

González-Espinosa M., Rey-Benayas, J.M. y Ramírez-Marcial N. (Eds.). (2008). *Restauración de Bosques en América Latina*. DF, México: Mundi-Prensa México, S. A. de C. V. https://issuu.com/helicongus/docs/restauraci__n_de_bosques_en_am__ric

Sánchez-Herrera O., Peters E., Márquez-Huitzil R., Vega E., Portales G., Valdez M. y Azuara D. (2005). *Temas sobre Restauración Ecológica*. D.F., México: Instituto Nacional de Ecología. 256 p. [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/CDDA9E037E62219205257D4A005A774C/\\$FILE/Temas_sobre_restauraci%C3%B3n_ecol%C3%B3gica.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/CDDA9E037E62219205257D4A005A774C/$FILE/Temas_sobre_restauraci%C3%B3n_ecol%C3%B3gica.pdf)

ARTÍCULO PORTADA

El arma química de los pinos

Irenka Fabián Plesníková y Teresa Terrazas Salgado





Don Toño se levantó como siempre poco antes del amanecer y tomó su herramienta para ir a trabajar al bosque a recolectar resina como lo hace todos los días y como lo han hecho su papá y su abuelo por más de 80 años. Su día comenzó bajo esa aparente quietud que inspira el bosque. Si tan solo pudiera imaginar todo lo que está sucediendo, terminaría asombrado, porque en realidad, en el bosque se llevan a cabo un sin fin de actividades dinámicas y batallas ocultas a primera vista. Entre ellas, la fábrica de metabolitos por las plantas que conforman el bosque, muchos de ellos con fines de defensa, como la resina.

La resina, esa sustancia viscosa, pegajosa que brota de las entrañas de los pinos y que ha sido por años el sustento de muchas familias resineras como la de Don Toño, es una de las principales características que ha permitido que estos árboles logren defenderse ante los ataques de sus enemigos naturales por millones de años. Se trata de un metabolito secundario, un compuesto químico característico de las plantas u otros organismos que no pueden huir en caso de peligro.

En el pasado, este tipo de metabolitos, se consideraban como productos de desecho, como un error del metabolismo primario, que no tenía importancia para las funciones vitales de las plantas. Pero ahora, esta visión ha cambiado y ahora

se sabe que muchos productos secundarios son componentes importantes de los mecanismos de defensa de las plantas, fundamentales para que puedan sobrevivir.

Los terpenos de las plantas

El grupo más grande de metabolitos secundarios de las plantas son los terpenos, algunos de ellos no se disuelven en agua y se oxidan fácilmente, es decir, endurecen en cuanto están expuestos al aire. Su estructura se basa en la repetición de unidades de isopreno (C_5H_8), una simple molécula de hidrocarburo. Los terpenos con dos unidades de isopreno (C_{10}) se llaman monoterpenos, los de C_{15} (sesqui-), los de C_{20} (di-), los de C_{30} (tri-), C_{40} (tetra-) y con más de 40 carbonos (poli-) terpenos.

Lo interesante, y que no sabe Don Toño, es que en los pinos son parte de la "batalla química" que a lo largo de los siglos se ha dado entre estos árboles y sus adversarios - los insectos herbívoros, los hongos y otros microorganismos asociados-

Pero ¿Qué es la Resina?

La resina es un licuado químico de tres tipos de terpenos (C_{10} , C_{15} y C_{20}) en diferentes proporciones y concentraciones. Ésta, es una característica importante ya que, para los enemigos del pino, a largo plazo resulta más difícil adaptarse a una



mezcla de compuestos que a un solo metabolito. Los monoterpenos y los sesquiterpenos son la parte "volátil" de la resina, además de ser responsables de ese aroma tan característico a bosque, se encargan de desalentar a los insectos y a los microorganismos con una variedad de toxinas para que no se alimenten, no ovipositen y no se puedan reproducir.

Con un ligero cambio en la concentración o composición de estos compuestos pueden mandar mensajes de alerta de manera menos costosa y más eficiente que si lo hicieran a través del sistema vascular (responsable de mover el agua y los productos de la fotosíntesis). Además, actúan como disolvente para trans-

portar los diterpenos de mayor peso molecular al sitio de la lesión. También, pueden atraer insectos que son enemigos de los herbívoros invasores, como una defensa indirecta.

Una vez que la resina brota y entra en contacto con la atmósfera, la parte volátil se evapora, y queda la fracción "no volátil". Esta fracción es una masa semicristalina conformada por ácidos resínicos (diterpenos). Sus características principales son: tener la viscosidad suficiente para atrapar, sofofocar a los enemigos (los insectos tales como escarabajos descortezadores) y formar una barrera que selle cualquier herida de forma inmediata.

Aunque Don Toño es resinero, no sabe que en el momento que va al bosque, los pinos que visita están en combate, es una guerra química entre este tipo de plantas y otras coníferas que como un gigante Goliat, tienen que sobrellevar los ataques sin poder esquivar al enemigo, y un pequeño pero ágil David, un herbívoro que se puede mover a su capricho.

La guerra química de los pinos y el papel ecológico de la resina

En las plantas existen dos tipos de estrategias de defensa en respuesta a cualquier ataque:

la constitutiva (ya presente) y la inducida (en respuesta al ataque), que pueden ser tanto de carácter físico/mecánico como químico. En esta batalla, la primera línea de protección son las defensas constitutivas, las que ya están inmediatamente disponibles para entrar en acción en el momento que se les requiera. La corteza, a manera de armadura, es el primer obstáculo. Ésta, forma una protección con sus capas de células suberificadas y lignificadas, y los duros cristales de oxalato de calcio en su parte inter-



Fotografía: Irenka Fabián Plesníková

na, que con su dureza desalienta al enemigo que pretende invadir el árbol para debilitarlo y poderse reproducir.

Una siguiente línea de defensa, es la resina, el arma química más importante, la cual se almacena bajo presión en conductos especializados, llamados canales resiníferos. Los canales se encuentran principalmente en la parte interna de la corteza (el floema secundario) y en la madera (el xilema secundario), pero se pueden localizar también en las raíces y las hojas. Están formados por células epiteliales, las cuales sintetizan la resina al interior del canal - el lumen. Los canales forman una red bidimensional, como si fuera una tubería para el paso de sustancias peligrosas y tóxicas.

Esta estrategia química es una respuesta gradual al ataque. El primer paso es detener o repeler a los visitantes no deseados para que no invadan los tejidos (con el escuadrón de los compuestos volátiles), para después matarlos o aislarlos; posteriormente, con el escuadrón de los compuestos no



volátiles, sellan y reparan el área afectada, para que el árbol no sufra una invasión microbiana o un daño mayor. Si el ataque es demasiado fuerte, entran en acción los refuerzos, una tercera línea de defensa - el batallón de las respuestas de defensa inducida por el ataque. Este tipo de defensa varía en su complejidad y puede regularse en función de qué tan grave es el ataque.

A corto plazo, aumenta la producción de resina en los canales que ya estaban presentes y a su vez se modifica la composición para que sea aún más tóxica y letal.

A largo plazo, se pueden formar canales completamente nuevos, los llamados "canales traumáticos", para producir más y nuevas defensas, y/o crear una capa protectora en el sitio afectado o dañado.

Toda esta combinación de estrategias de defensa tiene en conjunto un objetivo final común: impedir que se dañen las funciones vitales del árbol.

El valor de la resina para el hombre

Pero, la resina además de su función ecológica, el hombre la utiliza desde tiempos ancestrales para una gran diversidad de usos. Se han encontrado pruebas de que se utilizaba para los embalsamamientos de los fenicios, egipcios, incas y cartagineses. También se empleaba para sellar y preservar

los barcos de madera. En la cultura prehispánica se utilizó para alumbrar, pintar, como pegamento y tiene un uso en la medicina tradicional.

La producción de resina se ha inducido de manera artificial, mediante diferentes tipos de extracción y en algunos países se ha estimulado con productos químicos. En México, Don Toño, resina sus árboles con un método inventado en Francia y patentado en 1845 por el abogado, agricultor e inventor, Pierre Hughes. Es una técnica que consiste en realizar una herida en el tronco de los árboles e instalar un sistema de recolección. Este método es compatible con la vida del árbol y permite la extracción de resina durante varios años. Una vez que los resineros llenan los recipientes, la transportan del bosque a la fábrica, donde mediante destilación por arrastre de vapor, se obtienen dos componentes principales: la brea y el aguarrás.

En la actualidad, estos componentes de la resina se utilizan para fabricar pinturas, lacas, tintas de impresión, productos de limpieza, jabones, desinfectantes, goma base para chicles, aromas y aditivos alimentarios, bebidas, productos cosméticos (esmalte de uñas, ceras de depilación), perfumes, entre otros y se van descubriendo nuevos usos comerciales como fármacos, plaguicidas o biocombustibles. Prácticamente son parte de nuestra vida diaria.

M.C. Irenka Fabián Plesníková, estudiante del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas en la Opción Forestal, adscrita al Instituto de



Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Actualmente realiza su tesis sobre los caracteres (anatómicos y morfológicos) que intervienen en la producción de resina y su posible control genético en la especie *Pinus oocarpa*.

Le interesa la genética forestal, la anatomía de la madera y todo lo que contribuya al cuidado de los bosques y asegure el bienestar de sus habitantes.

irples@gmail.com

D.C. Teresa Terrazas Salgado, Bióloga, Maestra en Ciencias en Botánica y Doctora en Ciencias en Biología (Universidad de Carolina del Norte, EEUU).



Actualmente es investigadora del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Realiza investigaciones para entender cómo y en qué medida la variación anatómica de los tejidos vegetales contribuye a caracterizar grupos funcionales y su relación con aspectos fi-

siológicos y del crecimiento (actividad cambial y marcas periódicas). Esta perspectiva intenta contribuir al conocimiento de las modificaciones que el tejido vascular tendrá con el cambio climático, aspectos que ha abordado en especies de diferentes grupos taxonómicos como Asteraceae, Cactaceae, Fagaceae, Grossularaceae, Malvaceae, Pinaceae y Rosaceae.

tterrazas@ib.unam.mx



Anaya-Lang, A.L. y Espinosa-García F.J. (2006). La química que entreteje a los seres vivos. *Ciencias*, (083), 4-13. <http://revistas.unam.mx/index.php/cns/article/view/12064>

Digital Studios, KOED. It's a Goopy Mess When Pines and Beetles Duke it Out | Deep Look. (2014, Septiembre 26) [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=wR5O4zsbnc>

Quiroz-Carranza, J.A., Alejandro M. y Alberto M. (2015). Resinas naturales de especies vegetales mexicanas: usos actuales y potenciales. *Madera y bosques*, 21(3), 171-183.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-04712015000300013&script=sci_art-text

ARTÍCULO

El musgo: La piel del bosque

Marlene Gómez Peralta y Zirahuén Ortega Varela



M. en C. Marlene Gómez Peralta, Profesora del Herbario de la Facultad de Biología (EBUM), Jardín Botánico Nicolaita, Melchor Ocampo. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. marlenegomezperalta@gmail.com

Biólogo Zirahuén Ortega Varela, egresado de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. zirahuenortega@gmail.com

La piel del bosque, es una metáfora que se ha tomado prestada de la campaña contra el uso del musgo en Ecuador.

En este artículo te describimos de cómo inició el uso de musgo como ornamento verde de los nacimientos navideños en México, y te damos sugerencias para usar materiales alternativos y disminuir la extracción de este recurso natural que es un recurso con alto valor ecológico.

La tradición de los nacimientos navideños en México, tiene su primera referencia en 1840 cuando la marquesa Calderón de la Barca, menciona que observó uno en la Ciudad de México, el cual estaba elaborado con plataformas cubiertas de heno; mientras que el primer antecedente en la historia, se remonta a Italia, donde, Giovanni di Pietro Bernardone (San Francisco de Asís), quien tenía espe-

cial aprecio por la Navidad, quiso celebrarla de manera particular en 1223, elaborando un nacimiento, principalmente con paja.

Entonces ¿por qué usar musgo o heno, en vez de paja?

En nuestro país, desde el mes de noviembre, es común ver en diferentes mercados y tianguis, principalmente de zonas urbanas, a las personas que venden montoncitos de musgo o "cáscara" junto con el heno. En los últimos años también se encuentran líquenes con color y aspecto similar al heno; así también en los grandes mercados como en la Central de abastos de la Ciudad de México, en esta temporada, grandes volúmenes de musgo son comercializados para los revendedores. En los últimos años, también se puede encontrar en tiendas de autoservicio, aunque por supuesto a precios más caros que en los mercados.



Sin duda, aunque esta tradición es muy bonita, los nacimientos hechos con musgos lucen muy bien; sin embargo, el 6 de enero cuando se "levanta el nacimiento", el musgo se tira como si fuera un artículo desechable, son pocas las personas que tienen el cuidado de guardarlo para volverlo a utilizar el próximo año.

¿Por qué no usar musgo?

En los bosques, el musgo crece muy lento con un desarrollo sobre el suelo, que es el que generalmente se extrae para su venta, éste tiene diversas funciones ecológicas tales como de protección contra la erosión, absorber y mantener la humedad del ambiente, es hábitat de algunos invertebrados y es muy importante para la germinación de semillas de árboles como el oyamel (*Abies religiosa*), además de tener un efecto benéfico en árboles y arbustos que funcionan como nodrizas para el reclutamiento de plántulas de esta especie.

En México, aunque su uso está legislado y se incluyen también en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-005-SEMARNAT-2012 para el aprovechamiento de los



Musgo recolectado del bosque para uso como ornamento en nacimientos.

recursos forestales no maderables, al igual que lo que sucede con otros recursos forestales no maderables, la normativa no es adecuada, ya que no incluye a todas las especies de musgo que se aprovechan en México, debido a que solo se mencionan las especies del género *Polytrichum*, principalmente *P. commune* y *P. juniperinum*.

Las dimensiones de extracción y el porcentaje de extracción por sitio, son excesivas ya que propone dos metros de ancho como máximo y porcentaje de aprovechamiento por sitio del 50% y no incluye entre la prevención de impactos negativos, evitar llevar entre el musgo, semillas y plántulas de especies forestales, ni la extracción en pendientes mayores a 200. Además, está pensada para grandes aprovechamientos forestales, en los que el principal interés es el recurso maderable. De esta manera, el musgo es aprovechado en la mayoría de los casos de forma clandestina por personas que no son dueñas del bosque, tanto a gran escala, como a escala "hormiga" y por lo tanto, no reportan su aprovechamiento.

Esta actividad para muchos de los extractores a pesar de que está mal pagada, en algunas zonas es la única fuente de ingreso en los meses de noviembre y diciembre; en cambio, genera ganancias para los intermediarios que lo pagan muy barato a los extractores y lo venden al doble o más en los grandes mercados del país, como la Central de Abastos de la Ciudad de México, tal es



Campaña en contra del uso de musgo

el caso de los aprovechamientos que se realizan en el oriente de Michoacán y en los límites de esta región con el Estado de México.

En algunos países de Sudamérica (Colombia, Ecuador, Venezuela) está prohibido su uso, incluso existen campañas para no usarlo y sustituirlos por otros materiales. En México, en el 2017, Plantalia, lanzó una infografía, que reúne los resultados del trabajo de Gómez-Peralta y Wolf (2001), que se puede considerar una campaña para reflexionar sobre el uso del musgo.

Pero ¿qué hacer?

Los nacimientos navideños, son una tradición muy mexicana, pero desafortunadamente, implica la extracción de grandes cantidades de musgo y heno, que se usan como un artículo desechable, ya que, pasada la celebración, se tiran.



Nacimiento con uso de huinumo como sustituto de musgo o heno (Fotografía: Marlene Gómez Peralta).

Para evitar su extracción del bosque te proponemos:

Si ya compraste musgo para tu nacimiento, reserevalo para los próximos años y basta con humedecerlo y reutilizarlo, si al paso de los años pierde el color, se puede humedecer en agua teñida con colorante vegetal.

Se debe ir sustituyendo poco a poco por materiales alternativos, que podrían comercializarlos los mismos extractores y revendedores de musgo como:

*Aserrín pintado con color vegetal (para que tenga aspecto de musgo)

*Pajillas de gramíneas silvestres que en otoño-invierno abundan, incluso en las zonas urbanas (para simular la paja)

*Paja de trigo o maíz en trozos pequeños

*Hojas de pino secas (huinumo)



Anónimo. (2000). *Floreillas de San Francisco de Asís*. 6ª edición. Colección Sepán Cuantos No. 40. Editorial Porrúa. México. pp. 252-253.

Inglis, F.E. (*Madame Calderón de la Barca*). 1843. *La vida en México durante una estancia de dos años en ese país*. 15ª edición. 2014. Colección Sepan Cuantos No. 74. Editorial Porrúa. México. pp. 257.

SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 1996. Norma Oficial NOM-011-SEMARNAT-1996, que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de musgo, heno y doradilla Diario Oficial de la Federación (DOF), 26 de junio de 1996.

ARTÍCULO

Entre plantas ¿Por qué *Caesalpinia*?

Rosa María Espinoza Madrigal y Mauro Manuel Martínez Pacheco



Caesalpinia pulcherrima (Fuente CONABIO)

M. en C. Rosa María Espinoza-Madrigal, estudiante del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas opción en Biología Experimental y becaria de Conacyt.
rousme@hotmail.com

D. en C. Mauro Manuel Martínez-Pacheco, Profesor e investigador, ambos del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
mpacheco@umich.mx

Un principio activo vegetal, es una molécula cuya acción en el organismo permite la prevención, el alivio o la cura de una enfermedad. La importancia y el interés en su obtención se enfocan en encontrarlo en las plantas. Para esta difícil labor se hace uso de previo conocimiento antropológico y biológico, integrado en lo que conocemos como medicina tradicional, también, del químico para obtener el principio activo puro y conocer su identidad, así como del bioquímico combinado con herramientas virtuales para determinar su efecto biológico deseado o benéfico.

En este contexto, como resultado de diversas investigaciones realizadas en plantas del género *Caesalpinia*, se ha descubierto que abundan moléculas denominadas vouacapanos, que pueden ser distintivos moleculares de este género vegetal. Estos compuestos son interesantes debido a que se les atribuyen efectos biológicos como la inhibición del desarrollo de organismos que crecen y se reproducen rápidamente, tales como, las células cancerosas humanas y los microorganismos patógenos o los que causan pudrición de los alimentos. Debido a que éstos provocan diversos efectos en los sistemas biológicos, es motivación para conocerlos al máximo detalle posible. Algo extraordinario, es que estas moléculas a concentraciones pequeñas son letales y en otros casos detienen el crecimiento celular.

Empecemos describiendo que son las plantas del género *Caesalpinia*

El botánico italiano Andrea Cesalpino (latinizado como Andreas Caesalpinus) fue un entusiasta estudioso de estas plantas, razón por la cual se le dio el nombre de *Caesalpinia* al género, al que pertenecen 163 especies que habitan nuestro planeta. Son árboles o arbustos que habitan en zonas tropicales y subtropicales del mundo, con importancia biológica, social y económica. En zonas urbanas las encontramos como árboles de ornato, sin embargo, su hábitat natural son las regiones tropical y subtropical de países del Caribe, México, Colombia, Ecuador, Perú, Paraguay, Argentina, Brasil, Tailandia, Indonesia y China. En México, podemos encontrar 15 especies de *Caesalpinia* y en Michoacán habitan algunas de las más abundantes.

Especies de *Caesalpinia* en Michoacán

En México habitan *C. mexicana*, *C. praecox*, *C. violacea* y *C. yucatenensis* que conforman el grupo de las quince especies de este género con las que se distribuyen en Michoacán que forman parte de su abundan-



Caesalpinia platyloba (Fotografía propia)

te, diversa y sobresaliente flora, como: *C. cacalaco*, *C. caladenia*, *C. coriaria*, *C. echinata*, *C. eriostachys*, *C. gaumeri*, *C. hintoni*, *C. platyloba*, *C. pulcherrima*, *C. sclerocarpa* y *C. velutina*. De éstas, *C. coriaria*, *C. eriostachys*, *C. platyloba*, *C. pulcherrima* y *C. sclerocarpa*, son las más abundantes y habitan en la región de la Tierra Caliente de Michoacán.



Ubicación de las especies de *Caesalpinia* que más abundan en la región de la Tierra Caliente, Michoacán (zona verde).

Caesalpinia en la medicina tradicional

Los efectos curativos que se le atribuyen a diversas especies de este género son como anti-pirético, antihelmíntico, nematicida, antimicrobiano, antiviral, anticonvulsionante, antiinflamatorio, anti-tásmico, antiulceroso, analgésico, antihipertensivo, abortifaciente, emenagogo, menoxenia, anti-

cancerígeno y suelen utilizarse contra el reumatismo, dolor de espalda, diabetes, abscesos, infecciones en piel, para el tétanos, en complicaciones intestinales, trombosis, tumores y como purga para animales. Lo anterior se debe a la gran cantidad de metabolitos secundarios que produ-

cen, responsables muchos de ellos de los diferentes efectos farmacológicos. Por ello, la fitoquímica de este género se explora activamente tanto de especies de Michoacán como otras de México.

Especies como el cascalote (*C. coriaria*), frijolillo (*C. platyloba*), San Agustín (*C. pulcherrima*), ébano u ojo de venado (*C. sclerocarpa*), son utilizadas en la medicina tradicional de nuestro país:

C. coriaria (cascalote) [Sinonimia: *Caesalpinia thomaea* Spreng., *Libidibia coriaria* (Jacq.) Schltld., *Poinciana coriaria* Jacq.]. En la medicina tradicional la corteza y el fruto son utilizados para curar heridas en animales, la corteza se utiliza en humanos para aliviar el padecimiento de riñones, las vainas tienen actividad antimutagénica y antioxidante, y también se le atribuyen propiedades antimicrobianas. En México se producen toneladas de semillas de cascalote anualmente.

C. platyloba (frijolillo) [Sinonimia: *Brasilettia blasiana* (M.E. Jones) Britton & Rose, *B. pilosa* Britton & Rose, *B. platyloba* (S. Watson) Britton & Rose, *B. pubescens* Britton & Rose, *Caesalpinia blasiana* M.E. Jones]. La parte aérea de la planta se prepara por decocción, para aliviar los dolores de muelas, se usa en baños y cataplasmas locales contra lepra, sarna y desinfectar heridas. La hoja y corteza se utilizan como purga para animales y también muestran un efecto fungistático.

C. pulcherrima (San Agustín) [Sinonimia: *Poinciana pulcherrima*]. En la medicina tradicional se usa para el tratamiento de fiebre, inflamación, complicaciones intestinales, reumatismo, tratamiento de la menstruación desviada o vicariante, antiviral e infecciones en piel (*C. pulcherrima*).

C. sclerocarpa (ébano, ojo de venado) [Sinonimia: *Libidibia sclerocarpa* (Standl.) Britton & Rose]. La vaina y la corteza se emplean como cicatrizante de heridas. Pero, hay especies de *Caesalpinia* que tienen otros usos

De algunas especies se obtienen gomas para formular recubrimientos de uso en la conservación de alimentos, como la goma tara que se obtiene de *C. spinosa*. Otras especies, son árboles forrajeros, su madera posee excelente capacidad calorífica por lo que se usa como leña, en la manufactura de diversos utensilios y por las propiedades mecánicas de la madera se utiliza en la construcción. Hay plantas que se utilizan como cerco vivo debido a que repelen insectos y otros animales, asimismo, se utilizan como cortinas rompe vientos, de ornamento al tener flores de color vistoso.

Con estos usos tenemos a *C. eriostachys* (iguainero, hediondilla) [Sinonimia: *Poincianella eriostachys* (Benth.) Britton & Rose, *Schizolobium covilleianum* Pittier]. Este árbol se utiliza en leña, postes

de cerca, apicultura, artesanía, troncos esculturales, ornamental y en construcciones. Pero su mayor



Hoja y fruto de la *Caesalpinia c*

atractivo lo dan los horcones y las vigas ornamentales utilizadas en construcciones rústicas.

Además de su uso medicinal, San Agustín es un arbusto que se emplea como cerco vivo y forraje; la madera del ojo de venado se utiliza para la construcción y postes; el cascalote se usa en la industria de la tenería, son cortinas rompe vientos, barreras o cercos vivos; el frijolillo también es un árbol forrajero, se usa como cerca vivo contra insectos, su madera se utiliza para hacer los barandales o patas de los equipales y para el teñido de textiles.

¿Por qué tanto interés en *Caesalpinia*?

Más allá de la contribución al aumento del



coriaria (Fuente CONABIO)

acervo fitoquímico (furanoditerpenos: vouacapanos), del conocimiento botánico y farmacológico de plantas de la región, hay otros aspectos de *Caesalpinia* que se describieron, que motivan nuestra curiosidad por las especies de este género vegetal. Interesantemente, de la fitoquímica de *C. eriostachys* y *C. sclerocarpa* no se encontró información, lo que establece una oportunidad de estudio en estos árboles. Además, destacamos cinco especies locales -*C. coriaria*, *C. eriostachys*, *C. platyloba*, *C. pulcherrima* y *C. sclerocarpa*- como las más abundantes que deben ser estudiadas.

En nuestro grupo de investigación, en el Laboratorio de Fisiología Celular estamos interesados en estudiar los metabolitos de estas especies de *Caesalpinia*, responsables de las propiedades antifúngicas, principalmente los que afectan a los frutos de aguacate, como la pudrición peduncular. Nuestro interés radica en que el aguacate es un fruto nutricional y económicamente importante, en el que se desarrolla la pudrición peduncular, causada por hongos patógenos, que se manifiesta durante la vida de anaquel. Estos hongos son multirresistentes a fungicidas sintéticos convencionales, por lo que es de importancia la búsqueda de metabolitos naturales, sobre todo, con las características que presentan los vouacapanos producidos por *Caesalpinia* spp, que pueden ser aplicados para asegurar el control de esta enfermedad y comercializar frutos inocuos, es decir, libres de fungicidas sintéticos convencionales.

«Con esta descripción queda claro del gran interés de realizar estudios con especies de este género: *Caesalpinia*»



Baldim-Zanin, J.L., Carvalho B.A., Salles-Martineli P., Dos Santos M.H., Lago J.H., Sartorelli P., Viegas C. y Soares M.G. (2012). The Genus *Caesalpinia* L. (Caesalpinaceae): Phytochemical and pharmacological characteristics. *Molecules*. 17, 7887-7902. <https://doi.org/10.3390/molecules17077887>

Gómez-Hurtado, M.A., Álvarez-Esquível F.E., Rodríguez-García G., Martínez-Pacheco M. M., Espinoza-Madrigal R.M., Pamatz-Bolaños T., Salvador-Hernández J.L., García-Gutiérrez H.A., Cerda-García-Rojas C.M., Joseph-Nathan P. y Del Río R.E. (2013). Cassane diterpe-

nes from *Caesalpinia platyloba*. *Phytochemistry* 96: 397-403. <http://dx.doi.org/10.1016/j.phytochem.2013.09.028>

Rzedowski, G.C. de y Rzedowski J. (2005). *Flora fanerogámica del Valle de México*. 2ª. Ed., la reimp., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán), 1406 pp. ISBN de edición digital 978-607-7607-36-6. https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/Flora_del_Valle_de_Mx1.pdf

ARTÍCULO

Interceptación y captación de agua por la vegetación

Rafael Morales Chávez y Alberto Gómez-Tagle Chávez



«En los ecosistemas terrestres de México entre el 26 y el 14% del total de la precipitación no alcanza el suelo -Návar, 2017-»

Rafael Morales Chávez, estudiante del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas. rafaelmoraleschavez@gmail.com.

D.C. Alberto Gómez-Tagle Chávez, Profesor-Investigador, ambos del Laboratorio de Edafología, Departamento de Ciencias de la Tierra, Instituto de Investigaciones Sobre los Recursos Naturales (INIRENA), de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo algomez@umich.mx.

En la naturaleza, en los ecosistemas terrestres, en especial en los ambientes con vegetación densa, solo una parte de la precipitación, (entiéndase lluvia, granizo, nieve) llega al suelo. Una parte es interceptada por la vegetación y de ahí otra parte se evapora, gotea o escurre hacia el tronco principal. En este artículo se abordarán los diferentes procesos que forman parte de la partición de la precipitación y como éstos se relacionan con la funcionalidad hidrológica de los ecosistemas terrestres y como son alterados con el cambio de uso del suelo.

Pero... ¿Qué es la precipitación pluvial?

La precipitación pluvial se define como cualquier producto de la condensación del vapor de agua atmosférico que cae del cielo y alcanza los elementos que se encuentran sobre la superficie de la Tierra. Esta precipitación puede presentarse en muchas formas, como lluvia, lluvia congelada, llovizna, nieve, aguanieve y granizo. La lluvia según la Organización Meteorológica Mundial (WMO, por sus siglas en inglés), se define como el agua en forma de partículas líquidas, que cae a la superficie terrestre desde la atmósfera.

La precipitación en forma de lluvia es

uno de los componentes más importantes del ciclo del agua para todos los ecosistemas terrestres, ya que aporta la mayor cantidad de agua al ecosistema en un espacio y tiempo definido.

La lluvia se mide como lámina de agua, en milímetros y esta medición corresponde al espesor de la lámina de agua que se formaría sobre una superficie plana de 1 m^2 . El método más sencillo y comúnmente usado para medir la cantidad de lluvia se basa en el empleo del pluviómetro que es básicamente un embudo, que capta la lluvia y un recipiente donde se almacena. Si bien, el pluviómetro sirve para medir la cantidad de lluvia caída durante un cierto tiempo, dicha medición se realiza para obtener información sobre sus características espaciales y temporales. El conocer la lámina de precipitación en cierto periodo de tiempo, la intensidad, frecuencia y duración de los eventos de lluvia ayudan a reconocer su importancia e impacto sobre la vegetación y los ecosistemas terrestres.

La vegetación y la precipitación ¿una relación de mutuo impacto?

Es bien sabido que el agua es uno de los recursos más importantes para el crecimiento de las plantas, por lo que la lluvia, dependiendo de sus características tiene una fuerte influencia sobre la vegetación de una zona determinada. Durante una sequía, el crecimiento de la vegetación se reduce drásticamente, mientras que en la abundancia de lluvias la vegetación se desarrolla en forma impresionante. Las plantas han desarrollado estrategias tanto morfológicas (altura, número de ramas, forma de las hojas) como fisiológicas (floración, transpiración y defoliación) que se activan o modifican

dependiendo de la intensidad, frecuencia o ausencia de la lluvia. Por ejemplo, en pastizales y cultivos, el crecimiento estacional de las plantas se da en perfecta sincronía con la temporada húmeda. Además, la lluvia puede influir y modificar la distribución, número y densidad o cantidad (por unidad de superficie) de especies vegetales. Sin embargo, estos cambios en la vegetación tienen también un impacto en como la precipitación se distribuye en el ecosistema.

En su caída, desde la atmósfera hasta la superficie terrestre, la gota de agua se encuentra con una serie de obstáculos.

En la ciudad, la precipi-

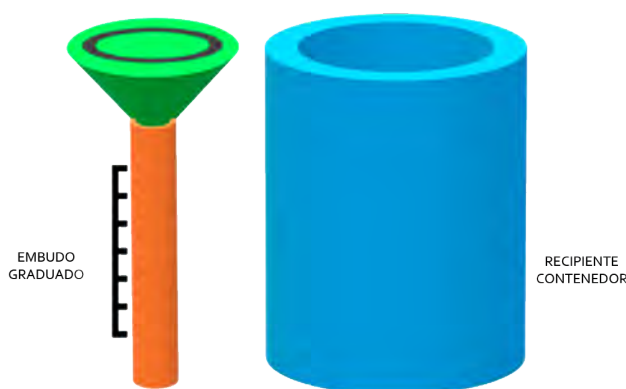
tación se encuentra a su paso con edificios, casas, fábricas, escuelas, campos y parques; mientras que en un bosque, selva, matorral o pastizal, son las comunidades vegetales las que presentan el obstáculo para la lluvia.

La estructura física de la vegetación ejerce una marcada influencia en el patrón de la precipitación que alcanza el suelo. A este proceso se le conoce como partición de la precipitación.

La partición de la precipitación

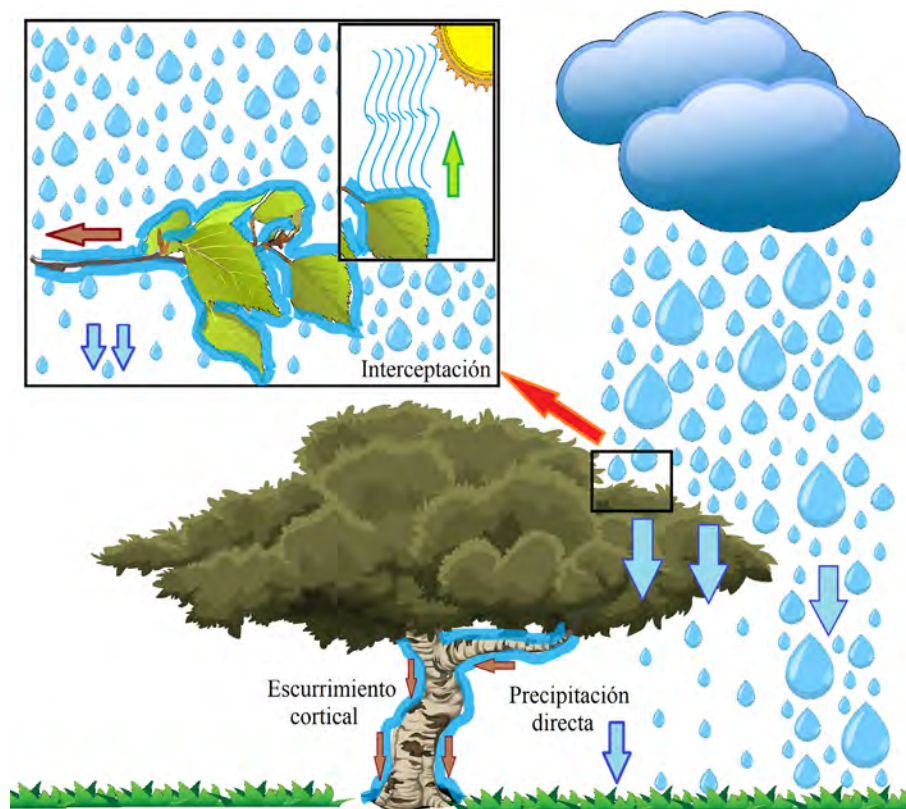
La partición de la precipitación es el proceso por el cual la lluvia modifica su trayectoria al ser interceptada por la vegetación. Durante un evento de lluvia, una parte del total de esa precipitación puede alcanzar la superficie denominándose precipitación directa. Cuando esta precipitación atraviesa los espacios en el dosel de la vegetación, se denomina precipitación directa libre, es decir cae y atraviesa la capa de hojas y ramas de los árboles sin tocarlas y logra llegar hasta el suelo. Otra parte de la lluvia alcanza las ramas y hojas, satura los troncos y fluye hasta el suelo a través del tallo o tronco principal en forma de escorrentía cortical. Además, la lluvia retenida por el dosel puede en ciertos casos gotear desde las ramas, hojas o ciertos puntos en el tronco se suma a la precipitación directa. Otra parte, puede evaporarse durante el evento de lluvia, así como después de este, denominándose entonces pérdida por interceptación.

La precipitación directa resulta de suma importancia para los ecosistemas forestales representa entre un 70 a 90% de la entrada de agua, tiene un impacto directo sobre la escorrentía. Además, ha demostrado tener un impacto sobre los proce-



Forma y componentes de un pluviómetro manual común (imagen propia)

Los erosivos en los ecosistemas y tiene un papel importante en el aporte de nitrógeno nuevo a los ecosistemas. La escorrentía cortical por otra parte tiene un impacto directo sobre el proceso de infiltración mediante el uso de las raíces de las plantas como vías de flujo preferencial del agua y nutrientes de la superficie al subsuelo.



Proceso de la partición de la precipitación (imagen propia)

En zonas áridas y semiáridas se ha documentado el enriquecimiento del suelo (efecto de isla de fertilidad) debajo de arbustos debido a la escorrentía cortical. Respecto a la pérdida por interceptación, está directamente relacionada con el proceso de evaporación. Dentro del ciclo del agua, la evaporación es el principal proceso de retorno del agua de la superficie terrestre a la atmósfera. A mayor interceptación mayor es la evaporación, a mayor evaporación más vapor de agua en el ambiente y a mayor cantidad de vapor de agua en el ambiente, aumenta la probabilidad de lluvia. Además de los cambios de la estructura de la vegetación, asociados a la precipitación, esta estructura también se ve afectada por alteraciones humanas como el aclareo, el cambio de uso del suelo o también por distintos desastres naturales. Siendo las alteraciones humanas las que presentan un impacto más negativo sobre la partición de la precipitación.

Impacto de las alteraciones humanas en la partición de la precipitación

Las prácticas de manejo y el cambio de uso de suelo tienen un impacto muy importante en la partición de la lluvia. El cambio de uso de suelo de bosques o matorrales nativos a áreas agrícolas cambia la composición de las especies, pero también la funcionalidad hidrológica y la estructura física de la vegetación. Al reemplazar por ejemplo árboles de un bosque nativo por árboles frutales, hay

un reemplazo de especies y al mismo tiempo, por lo que cambia la forma de las hojas, la rugosidad de la corteza, la hojarasca que está en la superficie del suelo y la forma y tamaño de los árboles. De forma que, con estos cambios, tanto la interceptación, como la capacidad de retención del dosel se modifican y afectan los procesos hidrológicos que ocurren en el ecosistema.

En zonas frutícolas, las prácticas de manejo como la poda, se realizan para maximizar la producción, evitar enfermedades y facilitar la cosecha. La poda, tiene un alto impacto sobre la escorrentía cortical. Por ejemplo, en el caso del cambio de bosque a huerta de aguacate en el estado de Michoacán, primero, las cicatrices de poda y la modificación de los ángulos de las ramas de los aguacates disminuyen la cantidad de agua que llega al tronco. En comparación, los aguacates captan como escorrentía caular cerca del 0.17% de la precipitación total de un sitio, que es hasta 14 veces menos que los árboles de pino (2.4%). Esto se ve reflejado en la cantidad de agua que llega al suelo, que se alcanza a almacenar en el mismo y que recarga el suelo y de ahí potencialmente los mantos acuíferos.

Segundo, la densidad de árboles en las huertas de aguacate (93 a 150 árboles por hectárea) tiende a ser menor, que en los bosques naturales nativos del centro de México (200 a 670), modificando la distribución de la lluvia. A menor densidad de árboles, hay mayor espacio entre los mismos, por lo que aumenta la precipitación directa (precipitación directa libre o de regoteo de hojas y ramas), además de que es menor la cantidad de dosel y por lo tanto será menor cantidad de lluvia que queda interceptada y se evapora directamente durante y después del evento de lluvia. Tercero, hay una disminución en el número de especies vegetales en las



Fotografía donde se señala en círculos rojos las cicatrices en las ramas productos de la poda que forman puntos de goteo del agua interceptada por el dosel (imagen propia)

huertas de aguacate en comparación a las zonas forestales. Debido a que se eliminan los pastos, arbustos y árboles más pequeños, el suelo queda más descubierto. Esto aumenta la cantidad de precipitación directa y aumenta la escorrentía y puede modificar la capacidad de infiltración del suelo.

El estudio de partición de la precipitación en México

Este proceso en México permanece poco estudiado y se desconocen muchos aspectos del impacto que tiene el cambio de uso de suelo sobre la partición de la precipitación en el país. Hasta el 2017 existían en México un total de 21 estudios científicos sobre la partición de la precipitación. Estos estudios se llevaron a cabo en 5 diferentes ecosistemas, áridos y semiáridos, tropicales secos, templados y en bosques montañoso de niebla. En lo que respecta

a los estudios de la partición de precipitación llevados a cabo en ecosistemas agrícolas (huertas, parcelas de cultivo), en el mundo son muy pocos y particularmente en México hay solo un trabajo de este tipo, un estudio llevado a cabo en huertas de aguacate en el estado de Michoacán por personal académico del Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Es importante y necesario recalcar la importancia de realizar más estudios sobre la partición de la precipitación en México. Para tener información más detallada de como los procesos, como el cambio de uso de suelo y los usos agrícola y frutícola, impactan los procesos hidrológicos, que resultan de suma importancia tanto para los ecosistemas naturales, como para las comunidades humanas.



Gómez-Tagle Ch.A., Gómez-Tagle R., Francisco A., Ávila O., Alejandro J. y Bruijnzeel L.A. (2015). Partición de la precipitación en un bosque tropical montano de pino-encino en el centro de México. *Bosque (Valdivia)*, 36(3), 505-518. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/bosque/v36n3/art17.pdf>

Návar J. (2017). Fitting rainfall interception models to forest ecosystems of Mexico. *Journal of Hydrology*, 548, 458-470.

Lecturas recomendadas:

Lluvia en zonas urbanas. [https://www.sabermas.umich.](https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/315-numero-37/570-lluvia-en-zonas-urbanas.html)

[mx/archivo/articulos/315-numero-37/570-lluvia-en-zonas-urbanas.html](https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/315-numero-37/570-lluvia-en-zonas-urbanas.html).

Temas relacionados con el pluviómetro. <http://www.pluviometro.com/Temas.html>.

El bosque: elemento fundamental del agua. <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol25num3/articulos/bosque/>

Conservación y manejo de los suelos. <http://www.revistaciencias.unam.mx/en/109-revistas/revista-ciencias-50/915-conservacion-y-manejo-de-los-suelos.html>.

ARTÍCULO

Un corazón púrpura en peligro de extinción

Alejandra Hernández García y Enrique Ambriz Parra



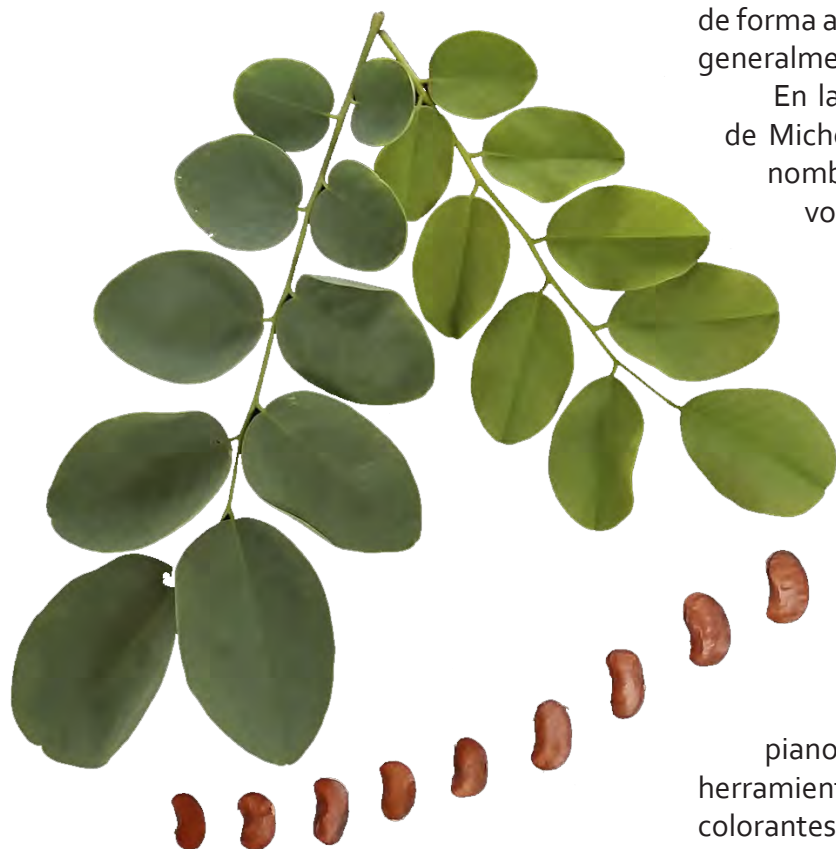
Fotografía: Alejandra Hernández García

M. en C. Alejandra Hernández-García, profesora del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas y estudiante del Programa de Doctorado en Ciencias y Tecnología de la Madera.
bioalexahg@gmail.com

D. en C. Enrique Ambriz Parra, Profesor e Investigador, ambos de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de La Madera de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
enriqueambriz@yahoo.com.mx

El campincerán (*Dalbergia congestiflora* Pittier) es un árbol de la familia Fabaceae, por lo que podemos considerarlo una leguminosa, que habita mayormente en el bosque tropical caducifolio, bosque tropical subcaducifolio y ocasionalmente se ha observado en vegetación de transición con bosque de encinos, en los estados de Michoacán, Colima, Jalisco, Guerrero, Puebla, Oaxaca y Chiapas. No es considerado como una especie endémica de México, ya que podemos encontrarlo en pequeñas poblaciones en Guatemala y El Salvador.

Este árbol de gran corazón es de crecimiento lento y no es muy alto, ya que mide en promedio 6 m de altura. Se viste de



Hojas y semillas de *Dalbergia congestiflora*
(Fotografía: Alejandra Hernández García).

flores para festejar el final de la época fría (a finales del invierno) y dar la bienvenida a la primavera, presentando inflorescencias de 1 a 4 cm, paniculadas, que se agrupan en el ápice de las ramas defoliadas para hacer más visible su belleza, aunque algunos árboles tratan de esconder dicha belleza, dado que ocasionalmente sus flores son producidas en ramas

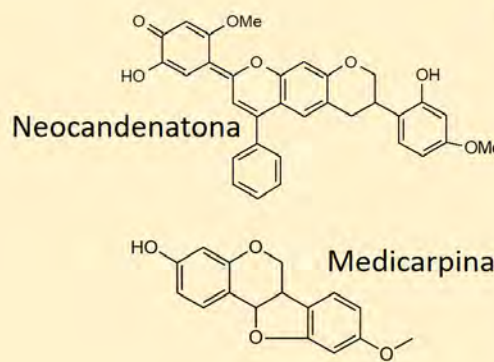
con hojas. Estas flores son sésiles que miden entre 1 y 2 cm de color blanco o amarillo claro. Los frutos del campincerán son oblongos y glabros, de 3 a 4 cm de largo, tipo vaina, indehisciente (no abren) de forma aplanada, ocasionalmente alados, los que generalmente producen una semilla.

En la Región de Tierra Caliente en el Estado de Michoacán, este árbol es conocido con este nombre de campincerán, que proviene del vocablo Purépecha "campinchirán". Su madera es muy requerida para la elaboración de artesanías, la que presenta un alto valor económico y es considerada de importancia comercial nacional e internacional por poseer una belleza invaluable en su color púrpura, que hasta los insectos la respetan, por su durabilidad. Además tiene excelentes propiedades físicas y mecánicas lo que conlleva a tener características acústicas. Es utilizada para la fabricación de finos y delicados instrumentos musicales como violines y pianos, así como para muebles, mangos para herramientas rústicos y hasta para la obtención de colorantes y con ello extender su belleza en otras maderas.

¿Por qué corazón púrpura?

La madera de campincerán no es tan singular como la de otros árboles maderables, la parte central del tronco, el duramen, es muy amplio, presenta un color púrpura con un veteado más oscuro, que contrasta con el color claro, como sus flores, de la albura, la vestidura más reciente del árbol, de ahí su nombre de valiente caballero de corazón púrpura. Por esta característica y a los diferentes usos que tiene, su demanda a nivel nacional e internacional, se ha incrementado en los últimos años.

Además, del duramen de este árbol, se obtienen dos principales compuestos: la neocandenatona, un neoflavonoide con estructura similar a las antocianinas, responsable del pigmento púrpura; y la medicarpina, un flavonoide tipo pterocarpano. Ambos poseen propiedades antioxidantes, citotóxicas y antimicrobianas.



Las especies del género *Dalbergia* son conocidas como "árboles de corazón" debido al color tan atractivo de su madera. Existen cerca de 250 especies distribuidas en nuestro planeta, de las que unas 20 son altamente cotizadas por el color del duramen, en Brasil tenemos a *Dalbergia nigra*, de madera rosa; *Dalbergia sissoo* de la India que presenta un color dorado marrón oscuro, conocida internacionalmente como la especie originaria de la madera de los 'Palos rosa'. En varios países de África se obtiene la madera de *Dalbergia melanoxylon*, con un duramen muy oscuro, casi negro; en Costa Rica y otros países de Centroamérica habita *Dalbergia retusa*, conocida como cocobolo, con un duramen de color naranja a rojizo; y la *Dalbergia stevensonii*, con un duramen de color café rosado claro a café morado oscuro, que se distribuye desde México hasta Honduras.

En México también tenemos árboles de gran corazón con al menos 20 especies de *Dalbergia*, entre ellas a nuestro caballero campincerán, otra que llaman granadillo (*D. granadillo*) y una más como palo-escrito (*D. palo-escrito*). Estas especies son endémicas de nuestro país y son tan codiciadas como el mismo trono de un rey, debido a que presentan el duramen de color castaño rojizo oscuro y castaño violáceo, con vetas más oscuras, casi negras, respectivamente.

¡Lo precioso, cuesta caro!

En el estado de Michoacán, la comunidad de Paracho es reconocida a nivel internacional por la elaboración de instrumentos musicales, o díganme ¿quién no ha oído hablar de las guitarras de Paracho? Las maderas de *D. granadillo*, *D. palo-escrito* y *D. congestiflora*, han sido las más utilizadas para la elaboración de dicho instrumento musical, pero su alta explotación ha llevado a la disminución de sus poblaciones. Estas tres especies y otras doce,

están reportadas en alguna categoría de riesgo según la norma mexicana de ecología actual de especies en riesgo de extinción (NOM-059-ECOL-2010) y muchas de estas especies a nivel mundial, están incluidas en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), esto con fines de regular el comercio internacional para disminuir los riesgos de desaparición de estas especies.

La madera de estas especies es considerada "preciosa" ¡con ese corazón cómo no! incluso es comparable al valor monetario de otras maderas preciosas como la caoba o el cedro rojo. En los últimos diez años, no escapan árboles jóvenes ni viejos, a todos por igual, lo cual ha llevado a una disminución drástica de sus poblaciones, aunado a que no existen programas para su propagación y conservación, para que tenga un aprovechamiento sostenible y sustentable. Es por eso «que lo precioso, cuesta caro».

Y ahora ¿Qué podrá salvarlos?

Para disminuir el riesgo de extinción del campincerán y de las otras especies mexicanas de *Dalbergia*, es necesario evitar el tráfico de éstas y el uso ilegal para la elaboración de artesanías, muebles e instrumentos musicales, haciendo cumplir las normas mexicanas e internacionales para su explotación. Pero esto no basta, ya que la especie debe ser conservada en su hábitat y aumentar el número de individuos de las poblaciones, pero también su madera puede seguir siendo utilizada por su alto valor comercial.

Para lo primero, se requieren hacer estudios para la propagación y cultivo *in situ*, desarrollando trabajos de colecta de semillas de diferentes individuos y establecer sistemas óptimos de germinación, crecimiento y desarrollo de las plantas y así



Tablilla del duramen de *Dalbergia congestiflora* (campincerán)
Fotografía: Miguel Gerardo Ochoa Tovar.

hacer valer su potencial reproductivo como buenas especies mexicanas. Para que la madera de este árbol sea aprovechada, es posible desarrollar métodos de propagación masiva de plantas con características únicas, ya sea por métodos tradicionales (esquejes o estacas) o modernos como la micropropagación (cultivos *in vitro*), que deberán cultivarse en sitios específicos para su explotación; ¡si, se puede, si, se puede!

En los últimos 5 años, en la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera en colaboración

con el Instituto de Investigaciones Químico Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, se realizan estudios para la producción de plantas de *D. congestiflora*, ya sea por semilla, por estaca o por medios biotecnológicos (micropropagación), en búsqueda de alternativas para la conservación y aprovechamiento sustentable del corazón púrpura del bosque tropical caducifolio de México.



Dalbergia congestiflora
(Campicerán)

Dalbergia granadillo (Granadillo)

Muestras del Laboratorio de la xiloteca de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, UMSNH, preparadas por la Ing. Teresa García Moreno. Fotografía: Miguel Gerardo Ochoa Tovar.



Barragán-Huerta, B.E. y Santillán-Hinojosa K.Y. 2011. Aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en México para la obtención de colorantes. *Revista Sistemas Ambientales*, 4(1):1-9. <https://studylib.es/doc/7606387/aprovechamiento-sustentable-de-los-recursos>

Cervantes-Maldonado, A. (2016). La conservación del granadillo en México: una carrera contra el tiempo. *CONABIO, Biodiversitas*, 128:6-11. <http://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/12765.pdf>
CITES. (2016). Inclusión en el Apéndice II de 13 especies

maderables del género *Dalbergia* (nativas de México y Centroamérica). Decimoséptima reunión de la Conferencia de las Partes Johannesburgo (Sudáfrica). <https://cites.org/sites/default/files/esp/cop/17/prop/S-CoP17-Prop-54.pdf>

Hernández-García, A., Salgado-Garciglia R. y Ambriz-Parra E. (2016). Propagación de *Dalbergia congestiflora* Pittier (Fabaceae) por estaca: efecto de la concentración de AIB y el tejido de la estaca. *Nova Scientia*, 8(17):87-96. <http://www.redalyc.org/pdf/2033/203349086004.pdf>

ARTÍCULO

Las mil y una formas de las hojas de los encinos

Reyna Maya García y Pablo Cuevas Reyes



M. en C. Reyna Maya García, estudiante del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas.

reyna-maya@hotmail.com

D. en C. Pablo Cuevas Reyes, profesor e investigador, ambos de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

pcragalla@gmail.com

Si has tenido la oportunidad de pasear por un bosque, te habrás dado cuenta de las diferentes formas de hojas que tienen los árboles y en especial los encinos (*Quercus* spp.). Seguramente te has preguntado a qué se debe esa gran diversidad que a simple vista se observa, encontrándonos con un abanico morfológico impresionante de formas, puedes ver hojas anchas, delgadas, lobuladas, palmeadas, chicas o muy grandes.

Si tomamos en cuenta que nuestro país cuenta con alrededor de 161 especies de estos árboles y arbustos, y es, además un importante centro de diversificación, se entiende porque es uno de los grupos de plantas donde mejor se puede observar la variabilidad de las formas de sus hojas.

Los encinos producen oxígeno, capturan bióxido de carbono, producen suelo y reducen la erosión del mismo, regulan la temperatura atmosférica y permiten la recarga de agua en el suelo. A este tipo de funciones ecológicas se les conoce como "servicios ambientales", y de acuerdo al tipo de ambiente donde se establecen las diferentes especies, pueden observarse varias formas en las hojas, como lo mencionan algunos especialistas: esto se debe a la ubicación geográfica dónde se desarrollan estos árboles, lo que implica cambios de temperatura, altitud, disponibilidad de agua e intensidad luminosa, en algunos otros estudios se identificaron como posibles factores de la variación las zonas geográficas o ambientes muy parecidos, a que el período de floración está muy sincronizado y además muestra similitud genética o a condiciones que favorece que se polinicen con especies muy parecidas.

Formas de las hojas asociadas a factores ambientales

Los bosques de encino junto con los de pinos, son muy comunes en nuestro país, constituyen la mayor parte de la cubierta vegetal de áreas de clima templado y semi-húmedo. Aunque no están limitados a este tipo de climas, pues también se encuentran en regiones de clima cálido. El aspecto que presentan algunos encinares está influenciado por el tamaño de la hoja:

Los bosques de encino que habitan en áreas más secas presentan comúnmente hojas chicas presentes en lugares donde la cantidad de lluvia es escasa y la temperatura es alta, otra característica importante con significado ecológico es el grosor y la rigidez, rasgos que generalmente se relacionan con los factores ambientales.

También la mayoría de las especies encinos mexicanos presentan hojas gruesas y duras. Estas características posiblemente sean indicadoras de una posible adaptación a factores ambientales contrastantes y desempeñan un papel importante en la resistencia a la sequía, que puede afectar seriamente el desempeño y supervivencia de las plantas durante largos períodos de tiempo.

Otra característica importante es que la superficie de la hoja puede estar cubierta de pelos o pubescencia, carácter importante cuya función es evitar el sobrecalentamiento de la hoja y reducir en lo mínimo pérdida de agua por evapotranspiración. Por lo regular este tipo de hojas se encuentra en tipos de vegetación como pueden ser selvas bajas caducifolias o bosques de encino, localizados en lugares de baja altitud.

Las hojas lobuladas están asociadas por lo regular a sitios con lugares donde el agua es más abundante y la temperatura no es tan elevada, este tipo de hojas, dependiendo de la ubicación que tengan en el árbol, es la eficiencia en la disposición de



la radiación solar. Esto permite que las hojas localizadas en la parte inferior o interna, captan mejor la luz solar.

Las hojas pequeñas y gruesas, por lo regular son características de encinos que se encuentran en zonas altas, con temperatura y precipitación abundante, como son bosques de pino- encino y bosque mesófilo de montaña.

¿Por qué la variabilidad de las formas de las hojas de los encinos?

Recientemente, varios investigadores reconocen la gran importancia de estudiar los rasgos o características de las hojas, para explicar cómo responden estos atributos a diferentes factores ambientales y como puede influir en los cambios de la forma de la hoja, cómo se han modificado estructuras morfológicas, principalmente ante la carencia de agua y altas temperaturas.

Por ejemplo, el tamaño de la hoja suele incrementarse cuando aumenta la precipitación, fertilidad del suelo, por el contrario, decrece con el aumento de la radiación luminosa, las hojas de árboles perennes por lo regular se encuentran en zonas húmedas y tropicales. Por ejemplo, en la

especie *Quercus petrae*, el tamaño y forma de las hojas dependen del lugar en que se encuentran en el árbol, las hojas más pequeñas y gruesas se observan en la parte superior y externa del árbol, y las más delgadas y grandes en la parte interna. Estas diferencias fueron determinantes para explicar las diferencias entre localidades y como el ambiente es determinante en la forma y desarrollo de las hojas.

Importancia de estudiar encinos

Por mucho tiempo, los encinos fueron un grupo de árboles olvidado y no fue hasta la década de los 80's cuando nuevamente se retomó este género y se convirtió en un foco de atención de muchos investigadores, principalmente por la importancia ecológica. Son uno de los principales árboles formadores de suelo, son utilizados para leña, en algunas especies su aprovechamiento es maderable y son altamente aprovechados en la peletería por la gran cantidad de taninos que producen.

«Cuando camines por un bosque de encino observa que tipo de hoja presentan y posiblemente sabrás que factores ambientales estén siendo los posibles causantes de esa variación»



Valencia, A. S. (2004). Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 75:33-53. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57707503>

Zavala-Chávez, F. (1998). Observaciones sobre la distribución de encinos en México. *Polibotánica*, 8:47-64. <http://www.redalyc.org/pdf/621/62100805.pdf>

ARTÍCULO

La palma real, especie de alto valor ambiental y artesanal

Erandi Lizbeth Guzmán Gómez y Marlene Gómez Peralta



Erandi Lizbeth Guzmán Gómez, estudiante de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
eran.di_12@hotmail.com

M. en C. Marlene Gómez Peralta, profesora del Herbario de la Facultad de Biología (EBUM), Jardín Botánico Nicolaita, Melchor Ocampo, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
marlenegomezperalta@gmail.com

La “palma real” –especie del bosque tropical mexicano- *Sabal pumos* (Kunth) Burret, es una palmera endémica de los bosques tropicales secos de la Cuenca del Río Balsas en México, en los estados de Michoacán, Estado de México y Guerrero. En Michoacán, se registra en los municipios de Ario de Rosales, Gabriel Zamora, La Huacana y Uruapan. En la región de la Tierra Caliente, al sur del estado de Michoacán, se presenta en altitudes que van desde los 350 a los 1,300 metros de altitud, la distribución está restringida a un área de 561 km², la mayor densidad de individuos se presenta en el municipio de La Huacana entre los 800 y 1000 msnm.

La mitad del territorio de distribución de *S. pumos* está degradado por actividades de agricultura (32%), pastizales (18%); el 50% restante es

bosque tropical sujeto a pastoreo. Se localiza en lugares de menor pendiente, en suelos arcillosos, rojos y relativamente más profundos, derivados de basalto. Los palmares de Sabal, miden de 8 a 10 m de altura y sustituyen al bosque tropical caducifolio donde hay desmontes e incendios periódicos.

Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), la "palma real," es una especie Vulnerable y de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059 SEMARNAT 2010, se encuentra Sujeta a Protección Especial.

La "palma real" en La Huacana, Michoacán

Esta especie de palmera, se desarrolla sobre los declives del Volcán del Jorullo (Reserva Patrimonial Volcán el Jorullo, área que pertenece al Sistema Estatal de Áreas Naturales Protegidas de México (18°58' 19" N y 101°43' 05" O). La hoja es la parte más utilizada como materia prima, para elaboración de escobas, sombreros, tejido de muebles, techos de casas, petates, lazos y como combustible; los troncos, para construcción de casas; los frutos o "pumos", como fruta para consumo humano y como alimento de ganado. Además, proporciona servicios ambientales ya que regula el clima -los sitios donde se encuentra son menos calurosos y es sustrato para orquídeas endémicas-. Los que

trabajan con ella, la consideran recurso económico imprescindible ya que, en la temporada de sequía, cuando se cosecha la hoja, la palma es su única fuente de ingresos, en una zona de alta marginación.

Las comunidades de Los Copales, Mata de Plátano, La Zauda y El Vallecito, tradicionalmente han hecho uso de este recurso. En algunas de éstas, se han impartido talleres y brindado apoyo en cuanto a infraestructura por parte del gobierno municipal, para mejorar el aprovechamiento de la "palma real".

Diversos estudios recientes, realizados por nuestro grupo de trabajo (Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo), indican que hay comunidades como Los Copales, perteneciente al Ejido la Alberca, ubicada en la Reserva Patrimonial Volcán el Jorullo, que tienen como principal fuente de ingresos, la cosecha de la "palma real".

Los habitantes de esta comunidad, se benefician de todas las partes de la palma, la que más usos tiene es la hoja, en sus cuatro etapas de madurez:

1. Las hojas tiernas ("cogollos") son usadas para elaborar sombreros, lazos, petates y tejer muebles.
2. Las hojas maduras ("colas" o "colaje") se utilizan para elaborar escobas.

Hoja de palma. Fotografía: E. L. Guzmán Gómez





Sombreros de palma, Fotografía: E. L. Guzmán Gómez

3. Las hojas maduras ("palapa") son usadas para techar casas, se venden con esa finalidad.

4. Hojas secas ("palapa"), son utilizadas como combustible de fogones, en la mayoría de las casas.

Las "colas" o "colaje" y el "cogollo" son las más importantes, pues su venta representa mayores ingresos económicos, al comercializarlas a mejor precio para la elaboración de diferentes productos, en la comunidad para hacer escobas y sombreros, respectivamente. La venta es por docena (\$80.00); por "gruesa" (doce docenas) a \$200.00; por "carga" (dos "gruesas") a \$400.00 pesos. Lo más común es la venta por "gruesas", principalmente a intermediarios de Pátzcuaro, Nueva Italia y Apatzingán y ocasionalmente a personas de la cabecera municipal y de la misma comunidad.

Los sombreros y escobas elaborados con palma real

La elaboración de sombreros y escobas solo la realizan dos personas, generalmente adultos, los más jóvenes realizan techos para casas o escobas, pero no frecuentemente.

¿Cómo elaboran un sombrero?

Para la elaboración de los sombreros, primero se cortan los "cogollos", se ponen a secar sobre el suelo por tres o cuatro días y se "deshuesan" (quitar el eje central de cada segmento de la hoja); para que esté más suave, la sacan en la noche al sereno y por la mañana, la guardan y la cubren con una

manta; para trenzar, se humedece la palma y en la máquina de coser van uniendo las trenzas (30-40 m de trenza por sombrero) y se va dando a forma al sombrero y en el "trumal" (molde de sombrero), que se calienta con gas en la máquina planchadora, se da el terminado. Se necesitan unas cuatro horas para hacer un sombrero. Si compran las trenzas ya hechas (a personas de Pátzcuaro, los mismos a los que ellos venden hoja de palma), el tiempo es de una hora y media.

En Los Copales "Don Beto y Don Pedro Becerril durante 30 y 50 años, respectivamente, han elaborado sombreros, principalmente el típico de tierra caliente o "huetameño" (el más vendido), de mujer; y el gallero, con precios de entre \$50.00 y \$150.00. Los únicos mercados donde se comercializan son en las festividades del patrono de Copales El Señor del Socorro (3 de mayo) y en el aniversario de la erupción del Volcán El Jorullo (29 de septiembre). Los cogollos los obtienen de las palmas que crecen en sus parcelas"

Elaboración de escobas

La elaboración de escobas, es realizada por Don Eleazar y Don José Morales. Ellos usan las hojas llamadas "colas", que se ponen a secar por tres o cuatro días sobre el suelo; se "deshuesan" y se amarran las hojas dobladas a la mitad, con alambre, al palo de la escoba en la "máquina para escobas" (artefacto elaborado de manera casera, con madera de parota); después, los "huesos" se amarran de la

misma manera, cubriendo a las hojas. Después, se coloca en una "prensa" casera, para cocer manualmente con rafia, la parte media de la escoba. El último paso es cortar los extremos de las hojas para emparejarlas.

El tiempo que se ocupa para hacer una escoba es de 10 a 12 min para una escoba de "abanico" y de 7 a 9 min para hacer una escoba "redonda".

Percepciones y manejo de la "palma real"

Las personas de la comunidad, creen que la "palma real", no disminuye, sino al contrario, que la población de la misma va en aumento, aunque saben que su crecimiento es lento, ya que tienen que esperar que tengan de 15 a 20 años edad, para aprovecharlas. Para asegurar la permanencia de las palmas realizan varias acciones: cercar la parcela para que no entre el ganado, podar las hojas viejas para favorecer el crecimiento de los "cogollos", cosechar sólo dos "cogollos" y tres "colas" por palma; cuidar que el corte no sea muy cercano al tallo y proteger las plántulas del sitio, para que lleguen a ser palmas adultas.

El "reparto de las palmas", se hizo antes del reparto de tierras, que pertenecían a la hacienda San Pedro Jorullo y se ha convertido en una tradición de generaciones anteriores que siguen respetando, a pesar de que PROSEDE (Programa de Certificación de Derechos Ejidales), establece que "lo que hay en tu parcela es tuyo". El acuerdo del "reparto de palmas", data del año 1945 y conside-

ran que se realizó por cualquiera de los siguientes motivos:

-Para la conservación de la "palma real" a largo plazo.

-Para que todos los ejidatarios tuvieran los beneficios de la "palma real".

Perspectivas y sugerencias

Aún con la percepción de que la población de la palma va en aumento, se debe elaborar un análisis de la población, que las nuevas generaciones tengan interés en esta actividad, así como explorar nuevos mercados para los productos elaborados, replantear los talleres para el aprovechamiento sustentable de la "palma real"; aumentar el valor agregado a los productos elaborados, darles un precio justo y promover los productos de "palma real" que son elaborados, dando a conocer el quehacer, la importancia y el trabajo de esta comunidad.

Nosotros estamos haciendo trabajo de investigación tanto para la comunidad como para la conservación de la palma real. En La Huacana, Michoacán, México, hemos expuesto los beneficios de esta palma, la problemática y el trabajo no valorado de la misma, para promover la compra y apoyo a productos locales. La mayoría de los jóvenes mostraron interés, por lo que se recomienda continuar realizando actividades de difusión para la población en general.



Aguilera-Taylor I., Corzo A., Muñoz-Castro G. y López-Hoffman L. (2007). Servicios ambientales de una palma endémica: su importancia para la población rural. *Gaceta ecológica. Instituto Nacional de Ecología, México*, 84-85:75-83. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/gacetas/523/ambientales.pdf>

Pueblos de América. Los Copales, La Huacana, Michoacán. <https://mexico.pueblosamerica.com/i/los-copales-5/>

IUCN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. <https://www.iucnredlist.org/species/38693/10139394>

<https://www.iucnredlist.org/species/38693/10139394>

Rzedowski, J. (1983). *Bosque Tropical Caducifolio. Capítulo 12. En: La vegetación de México. Editorial Limusa. Segunda reimpresión. México, D.F. pp. 200-214.* <https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMxC12.pdf>

Zona, S. (1990). *A Monograph of Sabal (Arecaceae: Coryphoideae). Aliso: A Journal of Systematic and Evolutionary Botany*, 12(4):583-666. http://www.virtualherbarium.org/PDF%20Files/Zona_Sabal_monogr.PDF

TECNOLOGÍA

La madera y el hombre

Wilber Montejo Mayo y Crisanto Velázquez Becerra



¿Sabes qué es la Madera?

La madera la conceptualizamos como un material biológico encontrado en tallos y raíces de plantas terrestres. Sin embargo, dependiendo del punto de vista se pueden destacar distintas características, por ejemplo, para un científico o ingeniero en materiales representa materia prima para la construcción, al igual que un profesionalista en economía, establece un recurso que puede generar riqueza o fomentar el patrimonio social de una ciudad o país, y finalmente al consumidor, constituye un elemento del cual obtenemos este beneficio, cartón, papel y una multitud de otros productos manufacturados.

Químicamente, la madera es un material heterogéneo, está compuesta principalmente por moléculas de celulosa, lignina y hemicelulosa, los

M. en C. Wilber Montejo Mayo, estudiante del Programa de Doctorado en Ciencias y Tecnología de la madera de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera.

palenkw@hotmail.com

D. en C. Crisanto Velázquez Becerra, profesor investigador de esta facultad, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

cvelazquez@umich.mx

principales componentes de la pared celular de las plantas (Saber Más 32:27-30). Las variaciones en las características y proporciones de éstos, genera diferencias en la estructura, hacen que exista madera pesada o ligera, rígida o flexible y dura o blanda.

La interacción de la madera con el hombre

La madera es uno de los materiales más antiguos utilizados por el hombre, y se piensa que contribuyó en el desarrollo y adaptación al medio ambiente. Con este material se fueron elaborando herramientas, utensilios, vivienda, medios de transporte como barcos y vehículos, todo ello gracias a su fácil manejo para trabajarla y transformarla. Debido a estas características, la madera rápidamente se hizo popular entre nosotros, pero también presenta cualidades poco atractivas, ya que resulta evidente que es susceptible a los efectos del fuego, intemperie y algunos microorganismos. Por lo tanto, no es de sorprender que las personas paridamente intentaron mejorar su durabilidad por diversos mecanismos.

Uno de los hallazgos más notables del hombre en interacción con la madera, fue al identificar que ciertos árboles eran menos susceptibles a las plagas o inclusive inmunes a ellas. Se tienen antecedentes que aborígenes australianos utilizaron "madera de sangre" (*Corymbia gummifera*) resistente a termitas y hongos, utilizadas para la elaboración de tumbas, alrededor de 5,000 A.C. Al igual, en la cultura Maya se construyeron templos en Guatemala cerca del 700 D.C. con una notable resistencia a insectos, y el filósofo Teofrasto (371-287 A.C.) realizó el primer listado de maderas durables. Otra valiosa atribución

es la creencia que se tenía de la influencia de la temporada del talado de los árboles sobre la durabilidad natural de la madera, el militar y gobernante Napoleón, exigió en 1810 que los buques de guerra se construyeran de madera talada de invierno, para asegurar una mayor dureza de la estructura de sus navíos.

Protección y conservación de la madera

A medida que avanzó la tecnología industrial, este material se utilizó con mayor frecuencia en exteriores, favorecida por la industria de la preservación. Se estima que en todo el mundo, esta producción cubre aproximadamente 30 millones de metros cúbicos por año, lo que concierne al consumo de unas 500,000 toneladas de preservantes químicos. Alrededor de dos tercios del volumen, se preservan con arseniato de cobre cromado (CCA). Aunque está restringido a un número limitado de aplicaciones industriales, este producto se ha utilizado por décadas, para evitar que la madera sea atacada por insectos y hongos, además de ser preservada contra el agua. Cantidades importantes de CCA permanecen en la madera durante muchos años y la eliminación de sus residuos es un problema creciente en Europa, América del Norte y Japón.

Otros compuestos utilizados en la preservación de la madera representan un peligro ecológico, pero afortunadamente se comienza a utilizar opciones ecológicas, que proporcionan protección y durabilidad a este material. Tecnologías alternativas de origen finlandés, como el proceso de tratamiento térmico (comercialmente llamado ThermoWood®) con una estabilidad o resistencia





mejorada, ofrece un aumento de sus propiedades, mediante la reducción de la absorción de humedad, firmeza dimensional y perpetuación biológica.

La madera en la actualidad, problemática y soluciones

La madera ha sido uno de los principales materiales para la construcción, utilizada por la humanidad a lo largo de su historia. No obstante, el uso global de combustibles a partir de ella ha ido en aumento en países europeos. Alrededor del 55% de este material se dedica directamente como combustible, el 45% restante se utiliza a modo de materia prima industrial, pero aproximadamente el 40% de esta se maneja a fin de desechos de procesos primarios o secundarios, adecuados sólo para la producción de energía o de biocombustibles mejorados.

Trabajar con la madera es a menudo una actividad económica o cultural local significativa, hay poca información que aclaren la importancia de estos productos en nuestra economía, a nivel país o regional. El uso de madera como base para la artesanía es común en regiones forestales y boscosas. Entre la gama de bienes encontramos instrumentos musicales, muebles, juguetes, accesorios, objetos artísticos y decorativos.

La tala ilegal y el comercio internacional de madera ilícita son un problema importante, pero no es el único. Acabar con los bosques (legales o ilegales) para dar paso a la agricultura es un inconveniente significativo. Un estudio reciente de la Comi-

sión Europea estima que el 53% de la deforestación mundial, realizado en 1990 a 2008, se debió a la expansión agraria. Información de 2012 generada por los gobiernos británicos y noruegos, estiman que la explotación agrícola es responsable de alrededor del 80% de la pérdida del bosque en un periodo de 2000 a 2010.

La supervivencia de los ecosistemas forestales es esencial para el desarrollo sostenible, sin embargo, están amenazadas por el aumento de la demanda humana. A nivel mundial, más de 1.6 mil millones de personas, casi una cuarta parte de la población dependen de los bosques, durante al menos una etapa de su vida, incluyendo actividades como el consumo de leña, alimentos y plantas medicinales. La explotación de los bosques, al igual que otros recursos naturales, contribuye al progreso, pero en muchos países las prácticas de manejo forestal son claramente insostenibles, afectando la biodiversidad y la regulación natural de agua y clima. Entre el 12 y 15% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, se estima que se derivan de la deforestación. Lamentablemente, en algunas naciones, los conflictos armados han sido financiados por los ingresos procedentes de la venta de madera.

A principios del siglo XX se comenzó a reconocer el potencial de las plantaciones forestales, para aliviar la presión sobre los bosques naturales con el fin de sumar valor a recursos no maderables. En décadas más recientes, esta idea ha sido fortalecida a través de políticas forestales nacionales, donde los



responsables se han vuelto conscientes de las limitaciones de los bosques naturales para satisfacer las necesidades de madera y conocer otros valores que éste proporciona.

Perspectivas para el futuro

La utilización de productos químicos para la preservación de la madera ha sido una preocupación a nivel mundial, debido a la toxicidad que representa al ser humano y medio ambiente. En la

actualidad existen compuestos de origen natural que podrían ser utilizados para la protección de la madera, están presentes en los tejidos y órganos de plantas como sus flores, frutos o corteza del árbol, mostrando características fungicidas e insecticidas. Otra alternativa se enfoca al estudio de compuestos provenientes de microorganismos como bacterias y hongos, que producen sustancias represoras del crecimiento de patógenos y pueden ser utilizadas para su aplicación en la preservación de la madera, aumentando considerablemente su durabilidad.



Hyde, W.F., Amacher G.S. y Magrath W. (2001). Deforestación y aprovechamiento forestal. Teoría, evidencias e implicaciones de política. Gaceta Ecológica, (59):14-37. <https://www.redalyc.org/pdf/539/53905902.pdf>

FAO, 2005. Parte I. Situación y acontecimientos recientes en el sector forestal.

<http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/007/y5574s/y5574s04.pdf>

Ross, R.J. (2010). Wood handbook: wood as an engineering material. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, General Technical Report FPL-GTR-190, 1:509.

https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fpl_gtr190.pdf

UNA PROBADA DE CIENCIA

Planetas invisibles

Horacio Cano Camacho



Horacio Cano Camacho, Profesor Investigador del Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología y Jefe del Departamento de Comunicación de la Ciencia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
hcano1gzi@mac.com

Estoy viendo una película de ciencia ficción muy palomera. Me divierte, al tiempo que me impresiona. Se trata de la superproducción china *The wandering earth* basada en... momento, ¿ciencia ficción china? La ciencia ficción es un género típicamente anglosajón, en el que a veces destacan algunos nombres de otros lugares, pero ¿de China? La ciencia ficción es un género literario, no es ciencia ni lo pretende, sin embargo, la palabra ciencia, refleja el interés por analizar las consecuencias que los cambios en los conocimientos científicos y tecnológicos producen o van a producir en los individuos y organizaciones sociales. La ciencia ficción contemporánea se ha extendido a las hipótesis que corresponden a la historia, antropología, psicología, sociología, además de las ciencias físico-naturales.



No es extraño que el origen de la ciencia ficción lo situemos en el mundo anglosajón, básicamente en Inglaterra. Se considera a los británicos Mary Shelley y H.G. Wells junto al francés Julio Verne y el norteamericano Edgar Allan Poe, como los padres del género. Los principales autores en la actualidad son norteamericanos. En algunas ocasiones se cuela algún nombre distinto y de gran calidad como el polaco Stanislaw Lem o los soviéticos Boris y Arkadi Strugatsky.

El nombre se lo dio el escritor y editor Hugo Gernsback en la revista *Amazing Stories* (historias maravillosas) en 1926 al explicar que "Las historias publicadas (en su revista) se basan en relatos de *Scientifiction...*", término que luego cambió por *science-fiction*.

Para Gernsback, este género debe tener un disparador tecnológico o científico plausible, de tal manera que son los principales países de la revolución industrial donde las preocupaciones por el desarrollo tecnológico y científico surgieron de manera más radical y derivaron en muchas corrientes de reflexión, una de las cuales es la literatura. Por ello resulta muy extraño (y poco creíble) encontrar autores en países con escaso desarrollo científico y vocación más centrada en el mundo agrícola.

Este enorme prólogo es para explicar mi "relativa" sorpresa por la película china. Es claro el lugar que China ocupa ya en la economía mundial (segunda economía más grande del mundo) y de manera muy particular, el desarrollo actual de este país está sustentado en la tecnología y la ciencia. De todos es conocido el papel de este país en los avances tecnológicos en la exploración espacial, las comunicaciones y la biotecnología. Un poco menos conocido por el gran público es el de su "establecimiento" científico. China, como país fundamentalmente agrícola y de escaso desarrollo científico, poseía universidades muy modestas. Eso ha cam-

biado y ahora podemos ver como varias de ellas han escalado al Índice de Shanghái que es uno de los ranking académicos de universidades más famosos, en donde se encuentran las 200 más prestigiadas e influyentes del mundo y aparecen en él ya varias instituciones chinas.

La película "The wandering earth" (La tierra errante) está basada en el libro del mismo nombre del autor chino Liu Cixin. Este autor saltó a la fama con su trilogía *El recuerdo del pasado en la tierra* formada por: *El problema de los tres cuerpos*, *El bosque oscuro* y *El fin de la muerte*, al que siguió *La esfera luminosa* y ahora *La tierra errante*, todos muy elogiados por la crítica "occidental" y el primero distinguido por los Premios Hugo, *Nébula* y *Galaxy*, entre otros. Estos son los premios del género de ciencia ficción más prestigiados del mundo.

Este y otros autores nacieron justamente de la mano del programa del gobierno chino para "el rejuvenecimiento científico y tecnológico del país" y que creó las condiciones para el surgimiento de la ciencia ficción china con autores muy ligados a la actividad científica y tecnológica.

Ahora llega a mis manos *Planetas invisibles* (Alianza, 2017. ISBN 9788491048343), una antología compilada por Ken Liu. El libro se compone de trece relatos, trece visiones o trece historias que nos presentan una imagen muy completa de la diversidad de temas, estilos y preocupaciones de los autores chinos de ciencia ficción.

Podemos identificar en esta antología las mismas preocupaciones sobre el impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad que en cualquier otro lugar. Si no fuera por sus nombres chinos y cierta idiosincrasia típica, bien podrían ser firmados por cualquier escritor "occidental".

Algo si resalta, la idea fija de que el futuro científico y tecnológico es chino. Casi borran a los norteamericanos. Pudiera uno ser malpensado y creer que hay mano negra del gobierno, pero creo que es más una "interpretación del futuro" que los chinos están haciendo en dónde se visualizan como los líderes indiscutibles en temas científicos. Y esto lo podemos notar en un escritor de origen chino, pero que vive y es ciudadano norteamericano, Ted Chiang, autor de gran calado que escribió el relato *La historia de tu vida* en la que se basa la película *La llegada*. En esta historia, China juega un papel preponderante, aun cuando el relato transcurre en los EUA...

Entre los relatos se encuentran Entre los pliegues de Pekín de Hao Jingfang, premiado con el Hugo en 2016 y tres relatos de Liu Cixin, también premiados con el Hugo 2015. Hay que decir que Liu Cixin es el primer premiado de habla no inglesa o no publicado originalmente en inglés, lo que habla mucho de las alturas de estos autores y el alcance que está logrando la ciencia ficción china.

En fin, les recomiendo ampliamente acometer este libro y ver la película de *La tierra errante*. Se llevarán una grata sorpresa con la ciencia ficción china y podrán entrever el enorme desarrollo científico-técnico que esta potencia está teniendo y que sin duda son la base del desarrollo del género.

LA CIENCIA EN POCAS PALABRAS

Bosques templados : Qué son y su importancia

Lizbeth Vega Chávez Y Víctor D. Ávila Akerberg



Lizbeth Vega Chávez, estudiante del Programa de Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Autónoma del Estado de México. vecliz9310@gmail.com

Víctor D. Ávila Akerberg, Profesor Investigador de Tiempo Completo en el Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, de la Universidad Autónoma del Estado de México. vicaviak@gmail.com

Los bosques templados son sitios donde predominan árboles como pinos, encinos, oyameles y otras especies. Se encuentran en zonas montañosas con clima templado a frío (15 °C promedio) con precipitaciones entre 600 y 1,300 mm. Estos bosques contienen una gran cantidad de especies de plantas, animales, hongos, microorganismos y actualmente cubren el 16 % del territorio mexicano. Si queremos visitar este tipo de bosques podemos ir al norte y sur de Baja California, a las Sierras Madre Occidental y Oriental, en el Eje Volcánico Transmexicano, la Sierra Norte de Oaxaca o al sur de Chiapas (*ver mapa*).

Seguramente todos hemos escuchado hablar de los bosques y muy probablemente en algún momento los hemos visitado, pero ¿por qué son importantes? Todos los bosques nos proveen de bienes que nos permiten sobrevivir y gozar de comodidades en

nuestra vida diaria y su existencia promueve las condiciones adecuadas para que existan seres vivos en la Tierra, porque participan en el ciclo del agua al captarla, filtrarla y retenerla y así ayudan a evitar inundaciones y nos proporcionan agua limpia, esto mantiene el suelo en buenas condiciones para que crezcan plantas, hongos y vivan muchos animales. También intervienen en los ciclos de nutrientes, proveen de alimentos, son parte importante de la cultura humana, de actividades económicas y además son aprovechados en el ámbito recreativo. Estos beneficios se han denominado "servicios ecosistémicos" y se han clasificado en diferentes tipos: servicios de soporte, de regulación, de provisión y culturales.

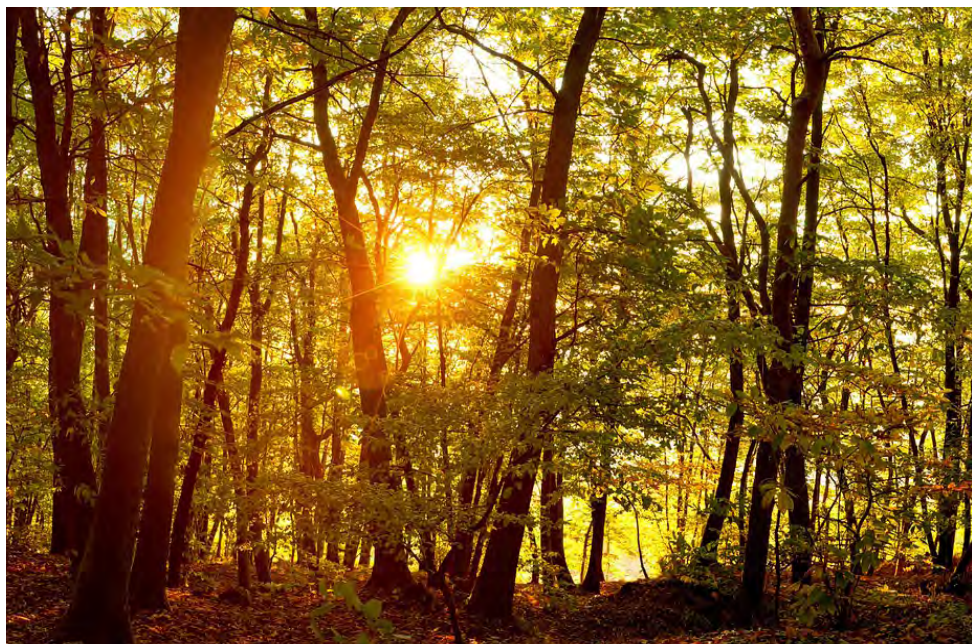
Servicios de Soporte

Éstos son los servicios de mayor importancia, ya que aseguran el funcionamiento de los ecosistemas. Además son indispensables para que existan todos los demás servicios, por ejemplo la formación de suelo, el ciclo del agua, los ciclos de nutrientes o la fotosíntesis.

Los bosques y los árboles forman parte integrante del ciclo del agua, regulan el caudal hídrico, contribuyen a recargar las aguas subterráneas y, a través de la evapotranspiración, favorecen la formación de nubes y las precipitaciones. Según la Evaluación de Ecosistemas del Milenio de 2005, más del 75 % del agua dulce accesible del mundo procede de cuencas hidrográficas boscosas y más de la mitad de la población de la Tierra depende de éstas para obtener el agua que utiliza en el hogar, en la agricultura, procesos industriales y ambientales. Por lo tanto, los servicios ecosistémicos relacionados con el agua que proporcionan los bosques y árboles son fundamentales para sustentar la vida en la Tierra.

Servicios de Provisión

Son los productos que se obtienen de los ecosistemas, como agua, alimentos, madera, leña, medicinas naturales. Los ecosistemas boscosos tienen especial importancia en países en vías de desarrollo, como México, ya que gran parte de su población obtiene recursos provenientes del bosque para su propio consumo además de obtener ingresos económicos adicionales al aprovechar los recursos que ofrece el bosque. Los bosques y los árboles constituyen fuentes vitales de ingresos, medios de subsistencia y bienestar para las poblaciones rurales, en particular los pueblos indígenas y pequeños agricultores ya que proporcionan muchos alimentos tanto de origen vegetal como animal porque



son sitios de gran diversidad. A su vez nos proveen de plantas que utilizamos para cocinar como orégano o laurel, plantas medicinales y leña, que se utiliza como combustible para satisfacer la cocina o para calefacción. Y en algunos sitios, la existencia de bosques permite la protección de cuencas hidrográficas que hacen posible la producción de energía hidroeléctrica.

Servicios Culturales

Se trata de los beneficios que brinda la naturaleza para realizar actividades humanas de importancia cultural, por ejemplo actividades recreativas, investigación científica, inspiración cultural y espiritual en espacios naturales con los que se identifican las personas. Las oportunidades recreativas basadas en la naturaleza son importantes para el mantenimiento de la salud mental y física, por ejemplo, caminar y practicar senderismo o algún otro tipo de ecoturismo. Además, la naturaleza y la vida silvestre tienen un papel indispensable en las culturas ancestrales, rituales y prácticas religiosas.

Servicios de Regulación

Estos servicios se combinan con los otros tres para controlar los riesgos de inundaciones, brindar protección contra huracanes, regular la disponibilidad y filtración de agua, controlar la erosión, mantener la calidad del aire, promover la polinización, controlar el clima y la temperatura, control de plagas y enfermedades, descomposición de desechos, almacén y captura de carbono. Los bosques actúan como purificadores naturales al filtrar el agua y reducir la erosión del suelo. Son indispensables también para combatir el cambio climático al controlar la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera, dado que absorben aproximadamente 2,000 millones de toneladas de dióxido de carbono por año, mediante el proceso de fotosíntesis,

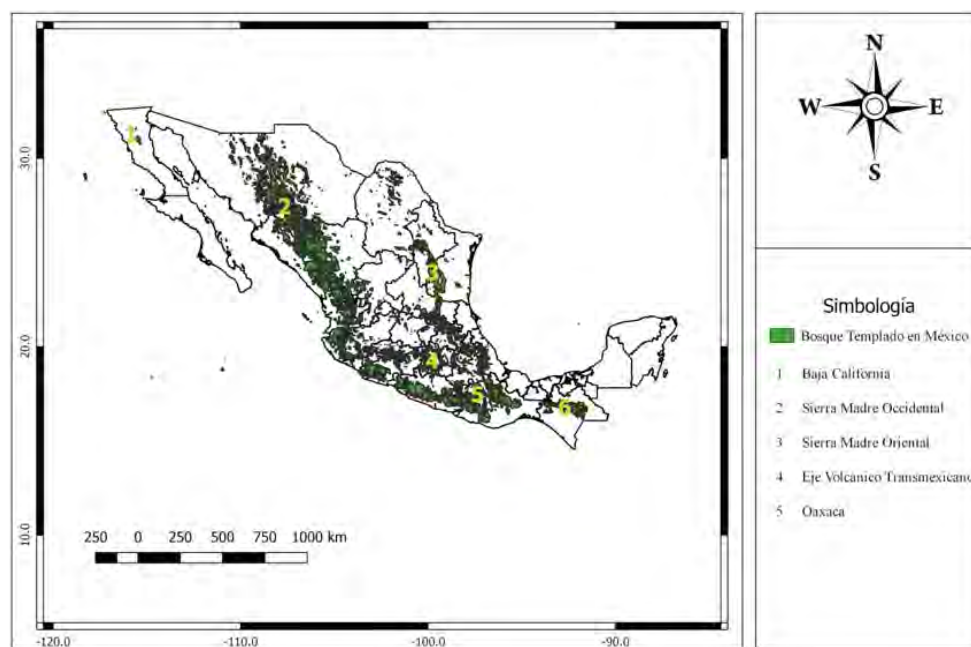


donde los árboles absorben dióxido de carbono y luz del sol, y lo transforman a través de reacciones químicas para generar moléculas de agua y azúcares que utilizan para crecer, producir ramas, hojas, raíces y el oxígeno que respiramos. Al generar este oxígeno mejoran la calidad del aire y regulan la temperatura.

Ahora sabemos que los bosques son muy importantes en muchos aspectos de nuestra vida y su manejo sostenible resulta esencial no sólo para conservarlos, sino también para sostener el funcionamiento de los ecosistemas, la provisión continua y saludable de servicios ecosistémicos y el bienestar de todos los seres vivos del planeta. Sin embargo, existen diferentes actividades y procesos que pueden modificar o disminuir la calidad de los servicios ecosistémicos, y estas pueden ser ocasionadas por los humanos, como la tala ilegal de árboles, extracción de especies de su hábitat natural, cambio climático, aumento en el consumo de recursos o resultado de procesos que escapan de nuestro control, como desastres naturales (huracanes, incendios, inundaciones). Sin embargo, no está todo perdido, ya que algunos expertos del Panel Intergubernamental sobre el Cambio

Climático (IPCC por sus siglas en inglés) han realizado estudios que indican que existen acciones que podemos realizar para contribuir al cuidado y conservación de los bosques y así asegurar nuestra calidad de vida y la de todos los seres vivos que nos rodean por los siguientes años. Entre las más eficaces se encuentran la reforestación, la reducción de la deforestación, el cumplimiento de las normas para aprovechar los recursos forestales de forma que podamos seguir gozando de los mismos a largo plazo.

Ya que sabes para qué son y para que sirven los bosques templados, puedes implementar acciones que ayuden a su cuidado, por ejemplo, si visitas o vives en el bosque recuerda no ensuciar ni contaminar los arroyos, ríos o estanques. Y si vives en la ciudad también puedes contribuir, aprovecha al máximo los productos derivados de madera o provenientes del bosque utilizando sólo lo imprescindible, imprime sólo para lo necesario y de ser posible recicla los productos de papel y cartón, si tienes oportunidad acude a una campaña de reforestación como voluntario, no desperdices el agua y cuida de las plantas y animales.



Mapa de distribución de bosques templados en México
(Elaboración: José Manuel Ocampo Salinas)

LA CIENCIA EN EL CINE

Chernóbil

Horacio Cano Camacho



Horacio Cano Camacho, Profesor Investigador del Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología y Jefe del Departamento de Comunicación de la Ciencia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
hcano1gz1@mac.com

Yo estudiaba la carrera de biología en 1986, cuando un 26 de abril se dio la noticia: Una central nuclear, ubicada en el norte de Ucrania, en ese entonces parte de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), había sufrido un accidente. Las noticias eran escasas y muy filtradas a través de los mecanismos de la guerra fría. Las autoridades de la URSS negaban el hecho, como era costumbre y lo atribuían a la mala fé de occidente. Estos, con Estados Unidos a la cabeza, afirmaban que se había detectado polvo radiactivo a miles de kilómetros de sitio y que las fotografías de los satélites espía detectaban un accidente en al menos uno de los reactores del complejo.

Durante algunos días la prensa y la televisión solo atinaban a especular, se hablaba de miles de muertos y cosecuencias debastadoras para todo el mundo. Hasta que la rigidez informativa de la burocracia soviética fue vencida por las evidencias. Era cierto, el viento arrastraba partículas radiactivas a lugares tan lejanos como Suecia o Alemania.

La URSS aceptó el accidente y atribuyó dos muertes directas a la explosión en uno sólo de los reactores de un complejo de cuatro y afirmaba que la situación estaba controlada, se había ordenado la distribución de yodo a la población y se había declarado una zona de exclusión con evacuaciones de residentes, que abarcaba la Ciudad de Prípiat, distante 2 km del reactor, hasta la Ciudad de Chernóbil, distante 18 km. Esta franja pronto fue rebazada, lo mismo que el número de víctimas directas. El número real probablemente no lo sabremos nunca, aunque se habla de 32, este sólo incluye a bomberos y personal de emergencia que trabajó en la contención.

Como fuera, éste es el accidente tecnológico más serio de la historia y un desastre ambiental de magnitud mayúscula. El número de víctimas debido a la contaminación radiactiva seguramente se extenderá a miles y lo hará durante décadas. El efecto ambiental –de entrada muy severo- se está estudiando desde entonces.

Por desgracia, este accidente es un laboratorio vivo para entender los efectos de la radioactivi-

dad a corto, mediano y largo plazo en un escenario real y una lección terrible sobre el riesgo de la energía nuclear.

Si bien en términos generales, la energía nuclear es una de las fuentes más seguras, la verdad es que en caso de accidente, las consecuencias pueden ser mayores a cualquier otra alternativa. El de Chernóbil no es el único, ni el primero. Recordemos un accidente previo del reactor número dos de Three Mile Island en Pennsylvania en EUA, que provocó el escape de considerables cantidades de gases radiactivos y la fusión parcial del núcleo del reactor, una condición de gran peligro y que puso a la central al borde de la catástrofe. Se considera que es el tercer accidente más serio de la historia y se le atribuye un incremento de casos de cáncer en la región.

El segundo accidente más serio es también el más reciente, el de Fukushima. Luego de un terremoto de gran magnitud, el 11 de marzo de 2011, en Japón. Pasado el terremoto y como consecuencia de él, se produjo un tsunami con olas de más de 10 metros que inundaron instalaciones críticas de los seis reactores del complejo, provocando la fusión parcial de tres, con fuga de gases radiactivos y descarga de líquidos contaminados directamente al mar. Es el segundo accidente más serio de la historia.

Estos accidentes no han hecho más que reforzar la preocupación (y rechazo) de la población



ante el uso de la energía nuclear. Sus defensores y promotores afirman, con números, que es la forma más económica y segura de generar energía eléctrica. Afirman que la energía nuclear constituye un recurso indispensable en una condición de agotamiento de las fuentes renovables y cambio climático que harán imposible que las fuentes tradicionales satisfagan la demanda global de electricidad.

Para sus detractores, las consecuencias de un accidente como los tres enumerados arriba, son desastrosas. Los riesgos –argumentan– no compensan sus posibles ventajas y allí está Chernóbil para recordárnoslo. La energía nuclear, para millones de personas forma parte de su vida cotidiana (más de 400 reactores en actividad por todo el mundo), pero la probabilidad aunque baja, de un accidente, también constituye el argumento para construir historias de terror.

En este sentido, la productora de televisión HBO estrenó su miniserie Chernóbil, que se convirtió rápidamente en un fenómeno televisivo y se confirmó como uno de los grandes éxitos de la televisora. Este éxito reafirma la presencia del temor que hemos comentado antes en amplias capas de la población, en particular en quienes no vivieron el evento.

Todo presentado 33 años después de la tragedia.

¿Pero el temor a la energía nuclear es suficiente para explicar el éxito de la serie? Los críticos coinciden en que la calidad de la serie, la capacidad de transmitir el clima de terror que vivieron sus protagonistas directos y la población circundante y una producción excelente han estado detrás de la espectacular respuesta del público.

La serie se compone de cinco capítulos, rondando las seis horas de duración. Dirigida por Craig Mazin, con Jared Harris, Stellan Skarsgård, Paul Ritter, Jessie Buckley, Emily Watson, en una coproducción entre HBO (USA) y Sky (Reino Unido).

La serie pretende contar a ritmo de ficción la “verdadera” historia del accidente y rendir un homenaje a los hombres y mujeres que se convirtieron en héroes -a costa de su propia vida- intentando controlar “el infierno” y detener la catástrofe global



en que pudo haberse convertido.

En teoría, la serie se inspiró en el libro “Voces de Chernóbil, crónica del futuro” de la escritora bielorrusa, Premio Nobel de Literatura 2015 Svetlana Alexiévich. Y digo en teoría, porque a pesar de que se le pidió autorización y se convino con la escritora, no se le da el crédito en la miniserie de HBO, lo que no deja de darme un sabor muy amargo ante lo inexplicable del “olvido”.

Svetlana Alexiévich dio voz por vez primera a los verdaderos protagonistas de la tragedia, los pobladores de las aldeas rurales de Ucrania y en particular, de Bielorrusia donde cayó la mayor cantidad de radiactividad. Resulta por demás terrible que Bielorrusia, país que no posee ninguna central nuclear y es eminentemente agrícola, sea el más afectado. Este territorio tuvo afectaciones por la contaminación en más de dos millones de personas, 700,000 de ellas niños y la tasa de mortalidad



ha superado a la natalidad en un 20 por ciento. El 26% de sus bosques se encuentran dentro de las zonas de contaminación radiactiva...

Para contener la emisiones radiactivas, la URSS construyó un sarcófago de hormigón. Una obra de ingeniería sorprendente, en su mayoría armada con robots y a distancia. Aunque funcionó, se está deteriorando aceleradamente (fue calculada para 30 años) y ya se detectan fugas. En estos días se emprenderá la construcción de un nuevo contenedor aun más impresionante y con capacidad para 100 años más.

Volvamos a la serie. Chernóbil es una obra de terror, pero a diferencia del género clásico, esta vez no hay monstruos sobrenaturales, ni entidades inmatriciales, pesadillas o situaciones que desaparezcan al abrir los ojos o convocando héroes con superpoderes. No, los monstruos de Chernóbil son reales y contruidos por nosotros. Son en realidad

una obra tecnológica. La obra nos transmite a la perfección la sensación de agobio y de miedo.

El director de Chernóbil ha sorprendido gratamente por la calidad de la serie luego de que su historia filmica era muy débil y cuestionable entre guiones y direcciones de filmes menores. De manera que realizar lo que ya se considera uno de los grandes filmes de la década resulta interesante por si mismo.

Chernóbil es una serie desgarradora que se centra en particular en el aspecto humano. Científicos, bomberos, militares, limpiadores, hasta los burocratas y la gente común que vivió y vive aun la tragedia. La historia funciona porque sin duda se inspira en una historia real y apela al temor que tenemos ante una catástrofe, pero también a la emergencia de una conciencia sobre lo que estamos provocando en la naturaleza con muchas de nuestras acciones...

El lenguaje visual es muy poderoso y se basa en el de una película de terror, recurso que resultó de los más acertado. El protagonista central, Valery Legasov (interpretado magistralmente por Jared Harris), el experto nuclear que ayudó a coordinar y enfrentar el desastre y luego presentó un devastador informe sobre las causas del accidente exponiendo a la burocracia rusa, se suicida en los primeros capítulos de la serie, víctima de la verdad no

dicha sobre el evento y la conciencia de los efectos a muy largo tiempo. A partir de allí va desgranando las historias, a cual más dura y compleja.

Ciertamente, en aras de la historia se han modificado ligeramente los sucesos o se han reinterpretado algunos de ellos. Esto no afecta a la propuesta, pero ha generado una serie de controversias entre los que quisieran un documental y no entienden que a pesar de estar basada en hechos reales, funciona como una ficción.

Desde Rusia están llegando protestas e incluso se habla de sacar una versión propia del suceso "desde el otro lado". En realidad no importa. Lo interesante es que se recuerda la tragedia, nos obliga a pensar en ella, a no olvidar o conocer lo que sucedió para no volver a cometer los mismos errores. Vale la pena enfrentarnos a la serie y a sus significados...



Los físicos nucleares se encuentran en una carrera muy intensa para mejorar la seguridad de las plantas de energía con vistas a la cada vez más clara crisis energética. Estos esfuerzos pasan por un rediseño de los reactores, el estudio del impacto ambiental de la radiación de baja intensidad y la urgente necesidad de dejar de emitir bióxido de

carbono a la atmósfera, un hecho al que pueden contribuir las centrales nucleares.

Por otro lado los accidentes como el de Chernóbil, nos obliga a buscar alternativas a la energía del petróleo y consolidar algunas de las que ya están disponibles, como la solar. De cualquier forma, no es fácil prescindir de la energía nuclear y los expertos lo saben...



EXPERIMENTA

¡Vamos a plantar un árbol!

1 Cuando salgas al patio de tu escuela, a un parque o incluso en alguna calle, busca al menos 3 semillas de 1 árbol, lávalas y colócalas sobre una porción de algodón empapado, el cual antes mételo en un frasco. Cúbrelas con el algodón y agrega agua aproximadamente cada 10 días sin que exedas en ésta para que no se mueran los embriones de tus semillas.

2 Después que las semillas germinen, prepara una maceta con suelo preparado con sustrato comercial (consíguelo en una tienda de jardinería) y siembra tus semillas en el centro, en un hoyo de unos 2cm que cubra sólo la raíz de tus plantitas. Ponlas en un área de tu casa con mucha luz directa del sol. Riega cada vez que veas que el suelo esté seco.

3 Espera a que crezcan tus arbolitos unos 35 a 45 cm y siébralos en un lugar de tu jardín, calle o en un parque. Pide ayuda para cavar un hoyo con la pala del tamaño de la raíz para que quede bien cubierto con el suelo preparado. Ten cuidado en no dañar sus raíces.

MATERIALES

3 semillas de un árbol
1 frasco (recicla) sin tapa
1 maceta
1 pala
Sustrato preparado
Algodón



NO TE OLVIDES DE REGARLO CADA SEMANA Y CÚIDALO TODA LA VIDA



Lo que los árboles nos cuentan

Idea original, textos e ilustraciones: Sofía Wence



PINUS SYLVESTRIS

¿Te imaginas que los árboles pudieran contarnos historias?

Así que, realmente pueden contar historias. ¡Increíble! ...

Existe un área de la ciencia llamada "Dendrocronología" que se encarga de estudiar de la historia climáticos de diferentes años y zonas del mundo a partir del tronco de los pinos.

En realidad ya lo hacen, pero no como tú te lo imaginas

Puedes Saber Más acerca de este tema en el artículo "Lo que los árboles nos cuentan" de Ulises Manzanilla Quiñones y Juan Manuel Ortega Rodríguez, en el No. 19 de esta revista.

Sofía Wence

