



CIENCIAUANL

Revista de divulgación científica y tecnológica
de la Universidad Autónoma de Nuevo León



- Presa La Juventud, sitio potencial para observación de aves
- El Jardín Botánico Efraím Hernández Xolocotzi
- **Agave espadín como posible recurso para comunidades ixtleras**
- Fenología reproductiva de *Mammillaria heyderi* Muehlenpf. y *Mammillaria sphaerica* A. Dietr.



Año 24,
Número 105
enero - febrero 2021

ISSN: 2007-1175



Una publicación de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Mtro. Rogelio Garza Rivera
Rector

Dr. Santos Guzmán López
Secretario general

Dr. Juan Manuel Alcocer González
Secretario de investigación científica y desarrollo tecnológico

Directora editorial: Dra. Patricia del Carmen Zambrano Robledo

Consejo editorial

Dr. Sergio Estrada Parra / Dr. Jorge Flores Valdés /
Dr. Miguel José Yacamán / Dr. Juan Manuel Alcocer González /
Dr. Ruy Pérez Tamayo / Dr. Bruno A. Escalante Acosta /
Dr. José Mario Molina-Pasquel Henríquez

Coordinadora editorial: Melissa Martínez Torres
Redes y publicidad: Jessica Martínez Flores
Diseño: Mónica Lozano
Correctora de inglés: Mónica L. Balboa

Corrección: Luis Enrique Gómez Vanegas
Asistente administrativo: Claudia Moreno Alcocer
Portada: Francisco Barragán Codina
Webmaster: Mayra Silva Almanza
Diseño de página web: Rodrigo Soto Moreno

Ciencia UANL Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Año 24, N° 105, enero-febrero de 2021. Es una publicación bimestral, editada por la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Dirección de Investigación. Domicilio de la publicación: Av. Manuel L. Barragán 4904, Campus Ciudad Universitaria, Monterrey, N.L., México, C.P. 64290. Teléfono: + 52 81 83294236. Directora editorial: Dra. Patricia del Carmen Zambrano Robledo. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2013-062514034400-102. ISSN: 2007-1175 ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, Licitud de Título y Contenido No. 16547. Registro de marca ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial: 1437043. Impresa por: Serna Impresos, S.A. de C.V., Vallarta 345 Sur, Centro, C.P. 64000, Monterrey, Nuevo León, México. Fecha de terminación de impresión: 4 de enero de 2021, tiraje: 2,500 ejemplares. Distribuido por: la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Dirección de Investigación.

Las opiniones y contenidos expresados en los artículos son responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Prohibida su reproducción total o parcial, en cualquier forma o medio, del contenido editorial de este número.

Publicación indexada al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, LATINDEX, CUIDEN, PERIÓDICA, Actualidad Iberoamericana, Biblat.

Impreso en México
Todos los derechos reservados
© Copyright 2021

revista.ciencia@uanl.mx

CIENCIAUANL

COMITÉ ACADÉMICO

CIENCIAS DE LA SALUD

Dra. Lourdes Garza Ocañas

CIENCIAS EXACTAS

Dra. Ma. Aracelia Alcorta García

CIENCIAS AGROPECUARIAS

Dra. María Julia Verde Star

CIENCIAS NATURALES

Dr. Rahim Foroughbakhch Pournavab

CIENCIAS SOCIALES

Dra. Veronika Sieglin Suetterlin

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Dra. María Idalia del Consuelo Gómez de la Fuente

CIENCIAS DE LA TIERRA

Dr. Carlos Gilberto Aguilar Madera

COMITÉ DE DIVULGACIÓN

CIENCIAS DE LA SALUD

Dra. Gloria María González González

CIENCIAS NATURALES

Dr. Sergio Moreno Limón

CIENCIAS AGROPECUARIAS

Dr. Hugo Bernal Barragán

CIENCIAS EXACTAS

Dra. Nora Elizondo Villarreal

CIENCIAS SOCIALES

Dra. Blanca Mirthala Taméz

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Dra. Yolanda Peña Méndez

CIENCIAS DE LA TIERRA

Dr. Héctor de León Gómez

ÍNDICE



6

EDITORIAL

8



CIENCIA Y
SOCIEDAD

Presa La Juventud:
un sitio potencial
para la observación
de aves

Marilyn Castillo-Muñoz,
Jorge Leonardo Guzmán-Hernández,
Lidia R. Salas-Cruz

16



OPINIÓN

El Jardín Botánico
Efraim Hernández Xolocotzi en el contexto
de la conservación de
la biodiversidad

César Cantú Ayala, Fernando
González Saldívar, José Uvalle Saucedo,
Carlos Ramírez Martínez, Humberto
González Rodríguez

25



EJES

Cambios de usos de
suelo y vegetación en
cuencas hidrográficas
de Nuevo León, México

Mario Alberto García Aranda, José Isidro Uvalle
Sauceda, César Martín Cantú Ayala, Fernando
Noel González Saldívar, José Guadalupe Marmolejo
Monsiváis

32



SECCIÓN
ACADÉMICA

33

Fenología reproductiva de
Mammillaria heyderi Muehlenpf.
y *Mammillaria sphaerica* A. Dietr.
en Montemorelos,
Nuevo León, México.

Gilberto Carlos García Leal, Fernando
González Saldívar, César Cantú Ayala,
José I. Uvalle Saucedo

38

Agave espadín (*Agave striata*
Zucc.) un posible recurso para
las comunidades ixtleras de Nuevo
León

Gretta Rebeca Núñez Guzmán, Jorge
Luis Hernández Piñero, Alejandra
Rocha Estrada, Rahim Foroughbakhch
Pournavab, Sergio Moreno Limón

44



IN MEMORIAM

Ortega y Soberón.
In memoriam a
dos paladines de la
ciencia mexicana

Hugo Alberto Barrera Saldaña

48



CIENCIA
DE FRONTERA

Construyendo
mentes críticas
y disciplinadas.
Entrevista a la
doctora Alejandra
Quintanar Isaías

María Josefa Santos Corral

58



SUSTEN-
TABILIDAD
ECOLÓGICA

Las energías re-
novables en el
marco de la sus-
tentabilidad

Pedro César Cantú-Martínez

64



CIENCIA
EN BREVE

70

COLABORADORES

EDITORIAL

105

Marco Antonio Alvarado Vázquez*

La Etnobiología es una ciencia multidisciplinaria con profundas raíces en la Botánica, la Zoología, la Micología y la Antropología. Nos presenta y analiza con rigor científico la historia de los saberes ancestrales y contemporáneos acerca de la relación del ser humano con la naturaleza, particularmente las plantas, los animales y los hongos.

México, por su ubicación geográfica, su compleja topografía, su forma y tamaño, presenta una enorme diversidad de ecosistemas y nichos ecológicos que albergan 12% de la diversidad biológica mundial, por lo cual nuestro país es reconocido como país megadiverso. Por otra parte, su riqueza cultural no es menos impresionante y es reconocida a nivel mundial, en ella se mezclan los periodos prehispánico, colonial y moderno, manifestándose, entre otros aspectos, en la gastronomía, tradiciones, costumbres, lenguas vivas y expresiones artísticas.

A nivel mundial, desde hace décadas hay un creciente interés para estudiar la forma en que los humanos nos relacionamos con la naturaleza, y desde 1977 se estableció la Sociedad Internacional de Etnobiología. En México, en 1993, se creó la Asociación Etnobiológica Mexicana, con el objetivo de promover, impulsar y fortalecer la investigación, docencia y divulgación del conocimiento etnobiológico.

Desafortunadamente, tanto la diversidad biológica del país, así como mucha de la riqueza cultural e histórica, se están perdiendo o degradando, por lo que urge tomar acciones que promuevan la conservación y la recuperación de ecosistemas, comunidades, especies y conocimientos de valor histórico y cultural relacionados con el uso, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales. Además de esto, la actual degradación ambiental, debida principalmente a la explosión demográfica, contaminación ambiental y extracción excesiva de recursos naturales, exige la implementación inmediata de medidas para revertir sus efectos y propiciar la conservación de la biodiversidad y los servicios ambientales que brinda a la humanidad.

Haciendo eco de esta necesidad de conservación de la riqueza biocultural, en 2019, el Conacyt presentó una convocatoria para impulsar el establecimiento de una Red Nacional de Jardines Etnobiológicos, en la que se busca que cada uno de los estados del país cuente con espacios donde se conserven especies de flora y fauna vivas locales y regionales, nativas y cultivadas o útiles; se resguarde el conocimiento relativo a ellas; se recuperen y se visibilicen los conocimientos etnobiológicos locales y regionales y aquellos relacionados con la riqueza biocultural de México; se promueva la

difusión y el acceso universal a este conocimiento, y que se involucre a las comunidades locales.

La Universidad Autónoma de Nuevo León, comprometida con la conservación de la biodiversidad de nuestro país y de los saberes culturales ancestrales relacionados con el uso y aprovechamiento de los recursos naturales, respondió a esta convocatoria proponiendo la creación de un jardín etnobiológico regional con dos sedes, centro y sur del estado. En esta propuesta participa un equipo multidisciplinario de casi 20 investigadores de las facultades de Agronomía, Ciencias Biológicas y Ciencias Forestales. La visión de estos jardines es que sean espacios plurifuncionales, donde además de albergar diversidad biológica regional para el conocimiento de la población en general, sean también espacios que incluyan, entre otras cosas: *a)* bancos de germoplasma para conservación *ex situ* de especies vegetales, *b)* colecciones de plantas y animales adecuadamente preservados; *c)* biblioteca con información etnobiológica en diferentes medios y formatos (físicos y electrónicos); *d)* espacios donde se propaguen especies nativas que pueden utilizarse en planes de reforestación o restauración ecológica, y *e)* espacios para investigación, formación de recursos humanos y para la difusión y divulgación del conocimiento etnobiológico local, regional y del país.

Confiamos en que en los próximos años estos espacios crezcan y se consoliden para garantizar la conservación de la riqueza biocultural de México, contribuyan al desarrollo sustentable y que estos conocimientos, saberes ancestrales y tradiciones, puedan transmitirse a la sociedad y las futuras generaciones.

* Universidad Autónoma de Nuevo León.
Contacto: marco.alvarado@uanl.edu.mx



Presencia La Juventud: un sitio potencial para la observación de aves

Marilyn Castillo-Muñoz*, Jorge Leonardo Guzmán-Hernández*, Lidia R. Salas-Cruz*

La observación de aves o *birdwatching* es una actividad basada en la naturaleza que consiste en observar e identificar las aves silvestres dentro de sus hábitats naturales. Esta actividad ofrece múltiples beneficios ya que despierta la curiosidad entre los habitantes por el entorno natural, proporciona una herramienta para la educación ambiental, ayuda al bienestar físico y mental y promueve la conservación de la naturaleza. Además, la observación de aves es una actividad recreativa que se vuelve turística cuando el observador se traslada a los lugares idóneos para avistar y fotografiar las aves que más le interesan. Se ha clasificado a

los observadores de aves con base en cuántos viajes de observación de aves realizan al año, en sus habilidades de identificación o el interés en la actividad, incluyendo cuatro categorías: casuales, novatos, intermedios y avanzados (McFarlane, 1994; Hvenegaard, 2002; Scott *et al.*, 2005). En general, los observadores casuales y novatos tienen un bajo nivel de habilidad y experiencia, motivados por el gusto por la naturaleza y su deseo de mejorar sus habilidades para observar aves. Por otra parte, los observadores intermedios y avanzados cuentan con un mayor nivel de habilidad y compromiso, motivados principalmente por la conservación

Universidad Autónoma de Nuevo León.
Contacto: marilyn.castillom@gmail.com



de las aves y de los sitios que visitan. Además, este segmento de observadores “obsesionados” tiende a buscar especies raras y, por lo regular, mantienen listados de las aves que han visto durante toda su vida (McFarlane, 1994; Hvenegaard, 2002).

Diversos estudios han demostrado que la observación de aves y experiencias recreativas basadas en la vida silvestre representan un recurso importante para las conductas proambientales (por ejemplo, disminución en el consumo de recursos, la reutilización de productos, excursiones amigables con la naturaleza), debido a su aceptación entre el público y su facilidad de obtener experiencias directas con la naturaleza (Kaplan, 2000; Ehrlich y Kennedy, 2005; Nisbet *et al.*, 2009; Cooper *et al.*, 2015). Sin embargo, estas experiencias basadas en vida silvestre también pueden llevar a conductas inapropiadas y ocasionar un impacto negativo sobre los sitios en donde se realiza la actividad, incluyendo la perturbación a las aves silvestres por el uso de grabaciones o por acerca-

miento inadecuado, el incremento de depredación de nidos, contaminación y destrucción del hábitat por parte del visitante o fugas económicas de las comunidades que se visitan (Sekercioglu, 2002; Gill, 2007; Karp y Root, 2009; Kronenberg, 2014; Huhta y Sulkava, 2014). Desde el observador novato hasta el más experimentado, tienen un impacto sobre las poblaciones de aves silvestres. Por estas razones, es necesario que se informe a los visitantes sobre los impactos que ocasionan a las aves durante su visita y contar con guías entrenados que realicen dicha actividad de una manera ética y responsable con el fin de reducir los impactos negativos sobre las aves (Corre *et al.*, 2013).

Adicionalmente, el potencial de la observación de aves para proveer recursos económicos merece ser reconocido e implementado como una estrategia de desarrollo económico que permita proteger los espacios naturales (Cagan y Sekercio, 2002). En 2016, alrededor de 4.1 millones de personas en los Estados Unidos realizaron observación de aves desde casa,

en reservas naturales o en viajes, y tan sólo en ese año se registró un ingreso de 75.9 mil millones de dólares debido a la observación de aves y fotografía de fauna silvestre, con gastos relacionados a la transportación, alimentación, equipo fotográfico y de observación (U.S. Fish and Wildlife Service, 2016). En México, el aviturismo no se ha logrado explotar de manera adecuada por falta de conocimientos, capacitación y apoyo. En 2006 se estimó que alrededor de 78,820 observadores de aves, principalmente extranjeros, dejaron una derrama económica al país de \$23.9 millones de dólares (Cantú y Sánchez, 2011). En algunos estados del país se ha realizado la inversión que permite el desarrollo ecoturístico y se ha evaluado el impacto económico que tiene la observación de aves (García de la Puente y Cruz, 2014; Revollo-Fernández, 2015; Galicia *et al.*, 2018). Por ejemplo, en el

municipio Los Cabos, en Baja California Sur, se realizó un análisis sobre la inversión local comparada con la ganancia esperada, y se encontró que el gasto promedio diario de un aviturista oscila entre los 80 y 200 dólares y que, aunado a una captación adecuada, este ingreso representaría una derrama económica importante para las comunidades del municipio (García de la Puente y Cruz, 2014). Si bien el aviturismo ha traído consigo beneficios económicos para algunos estados de la república, en Nuevo León las actividades recreativas basadas en la observación de naturaleza aún se encuentran en desarrollo. Actualmente, en el estado se encuentran algunos guías privados, así como grupos independientes que ofrecen actividades basadas en la naturaleza, incluyendo a *Kingfisher-Birdwatching* Nuevo León, Cerro Grande *Natura and City Tours* y Abeja y Planta.

A principios del siglo XX surgieron los primeros viajes para observar aves en México, los cuales fueron realizados por estadounidenses que financiaron sus expediciones por medio de colecta de especímenes para investigación científica. Más adelante surgieron los primeros observadores de aves mexicanos en diferentes estados de la república, y no fue hasta la segunda mitad del siglo XX que hubo un incremento exponencial en la observación de aves en México, debido en gran parte a la publicación de libros relacionados y las visitas guiadas (Gómez de Silva y Alvarado-Reyes, 2010). Además, desde hace más de tres décadas se han creado asociaciones locales de observadores de aves, como el Club de Observadores de Aves del Noreste, en Monterrey, Nuevo León. Otro avance importante en la historia de la observación de aves en México es



Imagen: Leonardo Guzmán.

el uso de plataformas de ciencia ciudadana, a través de las cuales el público puede involucrarse, coleccionar y aportar una cantidad importante de datos a través de numerosas localidades y por periodos prolongados de tiempo (Bonney *et al.*, 2009). De esta manera, plataformas como *eBird* proporcionan un servicio a los observadores de aves y permite que sus registros formen parte de un conjunto de datos que pueden ser usados con fines científicos y de conservación. A la fecha, en la plataforma Naturalista se han reportado alrededor de 176,615 observaciones, con 7,760 especies de flora y fauna en el estado (Naturalista, 2020), mientras que la aportación de registros realizados por observadores de aves en *eBird* ha aumentado a 466 especies el listado avifaunístico para Nuevo León (*eBird*, 2020).

La Presa La Juventud es un sitio donde se realizan actividades al aire libre como la pesca deportiva y convivencia familiar. Asimismo, este sitio ha atraído la atención de observadores de aves, fotógrafos y público en general que disfruta de la observación de la naturaleza. Debido al interés del público sobre la biodiversidad y su participación a través de plataformas de ciencia ciudadana, se han registrado más de 760 observaciones en Naturalista y 242 especies de aves en la plataforma *eBird*. Dichos registros han convertido a la Presa La Juventud en un gran sitio de interés para la observación de aves en Nuevo León, incrementando el potencial que tiene este sitio para realizar dichas actividades de educación y concientización ambiental. Desde 2001, actividades como la observación de aves y la fotografía de naturaleza se han realizado en el sitio a través de visitas regulares del Club de Observadores de Aves del Noreste (Coane), talleres y recorridos guiados por *Kingfisher-Birdwatching* Nuevo León, así como visitas ocasionales de observadores de aves independientes y naturalistas entusiastas. Además, en 2017 se realizó un recorrido guiado para observar aves en la Presa La Juventud organizado por *Royal Flycatcher Birding Tours & Nature Photography* con más de 20 asistentes extranjeros como parte del Río Grande Valley Birding Festival de Texas. De acuerdo con la información disponible en *eBird*, hasta la fecha se han publicado 401 listas de aves en dicha plataforma y aproximadamente 60 usuarios han contribuido con sus observaciones al listado general de la avifauna del sitio. De esta manera, la Presa La Juventud se ha convertido en un “hotspot” para observadores de aves intermedios y avanzados que buscan aumentar sus listados de aves y especies raras, y en menor frecuencia es utilizado por observadores de aves novatos que disfrutan de la actividad y desean mejorar sus habilidades.



Imagen: Marilyn Castillo.

En la Presa La Juventud se pueden observar especies de aves residentes como carpintero cheje (*Melanperes aurifrons*), carbonero cresta negra (*Baeolophus atricristatis*), garza blanca (*Ardea alba*), correcaminos norteño (*Geococcyx californianus*), cardenal rojo (*Cardinalis cardinalis*), rascador oliváceo

(*Arremonops rufivirgatus*), o martín pescador de collar (*Megaceryle torquata*), aunque también es posible observar especies migratorias que utilizan este hábitat como sitio de anidación como el colorín siete colores (*Passerina ciris*) y el cuclillo pico amarillo (*Coccyzus americanus*) (figura 1).



Figura 1. Aves observadas en la Presa de la Juventud, Marín, Nuevo León. (A) correcajón norteño (*Geococcyx californianus*); (B) colorín siete colores (*Passerina ciris*); (C) tecolote del Este (*Megascops asio*); (D) cuclillo pico amarillo (*Coccyzus americanus*); (E) monjita americana (*Himantopus mexicanus*); (F) martín pescador de collar (*Megaceryle torquata*) (imágenes: A y C, Marilyn Castillo-Muñoz; B, D, E y F, Jorge Leonardo Guzmán-Hernández).

Además, la Presa La Juventud cuenta con registros de aves raras o poco comunes para Nuevo León que resultan muy interesantes para los observadores más experimentados, incluyendo muchas especies de aves acuáticas como el pato coacoxtle (*Aythya valisineria*), mergo cresta blanca (*Lophodytes cucullatus*), playero pectoral (*Calidris melanotos*), playero zancón (*Calidris himanto-*

pus), achichilique pico amarillo (*Aechmophorus occidentalis*), falaropo pico largo (*Phalaropus tricolor*), cigüeña americana (*Mycteria americana*) y espátula rosada (*Platalea ajaja*).

De acuerdo con los datos disponibles en eBird, entre 2017 y 2019 se subieron a la plataforma 67 listados, registrando 21,876 individuos y 205

especies de aves, lo cual representa casi 85% del total de la avifauna registrada para la Presa La Juventud. En general, durante todo el año es posible observar al menos 70 especies o incluso más de 100 especies durante los picos migratorios, con excepción de junio y julio que muestran una disminución considerable en la riqueza de especies con respecto a los demás meses (figura 2a). En cuanto a



Imagen: Leonardo Guzmán.

la abundancia, durante los meses de septiembre y octubre se registraron más de 3,000 individuos, mientras que durante los meses de verano (junio, julio y agosto) se registraron menos de 1,000 individuos (figura 2b). Los órdenes más representativos de acuerdo con el número de especies son Passeriformes (aves de percha), Charadriiformes (aves playeras) y Anseriformes (patos y parientes) (figura 2c). Además, la Presa La Juventud ofrece a los distintos tipos de observadores de aves la oportunidad de observar una gran variedad de especies de interés, desde las más comunes y fáciles de identificar hasta las más raras y difíciles de encontrar en Nuevo León.

Por ejemplo, para un novato que comienza en esta actividad es posible que durante sus primeras salidas observe entre 20 y 60 aves que son fáciles de identificar y observar, ya que muchas de estas especies son llamativas por su color o su canto. Para un observador de nivel intermedio que ya tiene más experiencia realizando la actividad, es posible que observe entre 40 y 120 especies que sean de su interés durante sus visitas al sitio, ya sea para agregarlas a su listado personal o mejorar sus habilidades como observador y fotógrafo de aves. Finalmente, para los observadores más avanzados que buscan las “especialidades” del estado y que desean agregar especies raras a sus listados personales, pueden visitar la Presa La Juventud para observar entre 20 y 40 especies que son de potencial interés para ellos (figura 2d).

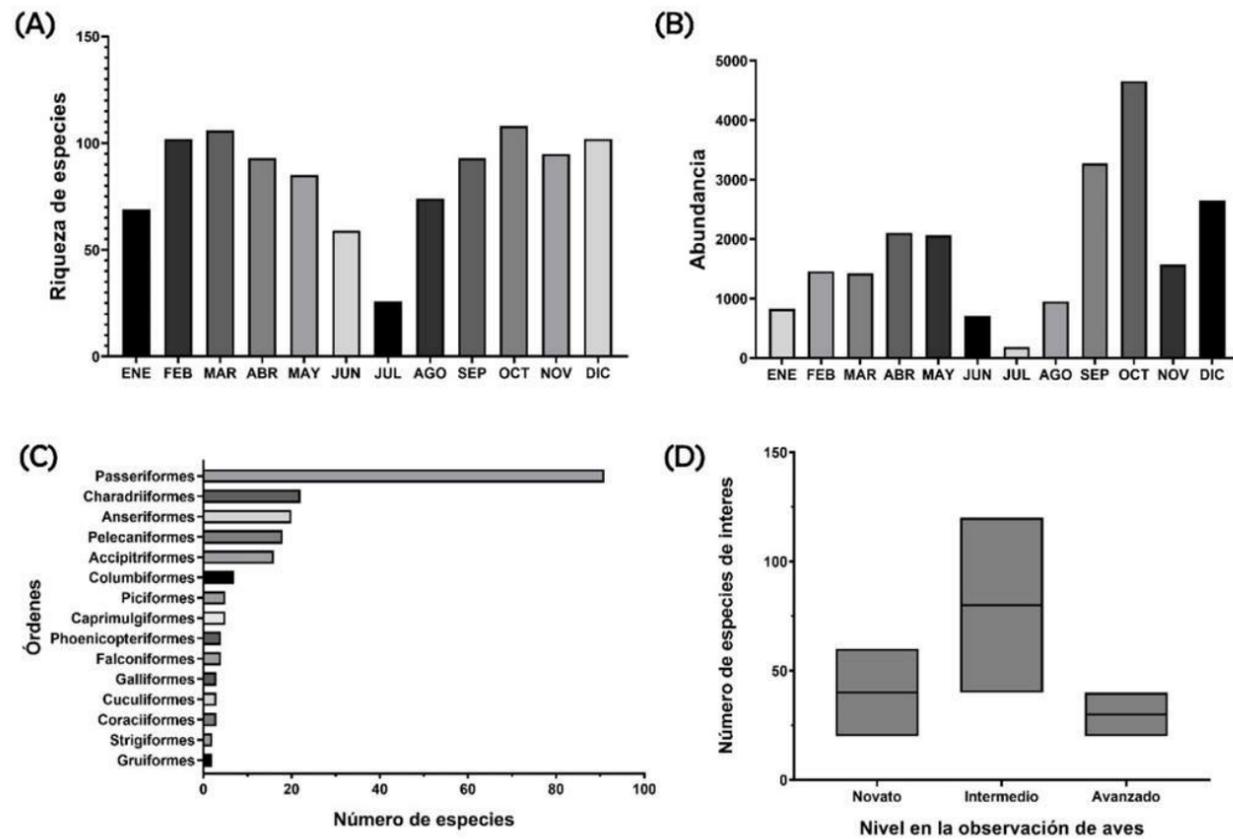


Figura 2. Distribución de la abundancia y riqueza de especies de la Presa La Juventud en el periodo comprendido entre 2017 y 2019. (A) Riqueza de especies y (B) abundancia a lo largo del ciclo anual. (C) Órdenes de la clase Aves ordenados de mayor a menor número de especies. (D) Número de especies potencial de acuerdo al nivel de experiencia del observador de aves (novato, intermedio o avanzado).

Cabe resaltar que la gran mayoría de los avistamientos de aves raras se han realizado durante eventos migratorios, siendo la migración de otoño/invierno la mejor época para visitar la Presa con el fin de registrar la mayor cantidad de especies de aves y encontrar aves raras que añadir al listado personal de los observadores de aves. Considerando lo anterior, una regulación adecuada en la Presa La Juventud y una constante

promoción de la observación de aves como actividad turística en Nuevo León puede permitir el desarrollo del aviturismo que aproveche los beneficios de este sitio de manera sustentable, estableciendo espacios para la educación ambiental, generando empleos a nivel local y que al mismo tiempo promueva la conservación de las aves y sus hábitats.

REFERENCIAS

- Bonney, R., Cooper, C.B., Dickinson, J., *et al.* (2009). Citizen Science: A developing tool for expanding science, knowledge and scientific literacy. *BioScience*. 59(11):977-984.
- Cagan H., y Glu, S. (2002). Impacts of birdwatching on human and avian communities. *Environmental Conservation*. 29:282-289.
- Cantú, J.C., y Sánchez, M.E. (2011). Observación de aves: industria millonaria. CONABIO. *Biodiversitas*, 97:10-15.
- Cooper, C., Larson, L., Dayer, A., *et al.* (2015). Are wildlife recreationists conservationists? Linking hunting, birdwatching, and pro-environmental behavior. *The Journal of Wildlife Management*. 79(3):1-12.
- eBird (2020). *An online database of bird distribution and abundance*. eBird, Ithaca, New York. Disponible en: <http://www.ebird.org>
- Ehrlich, P.R., y Kennedy, D. (2005). Millenium assessment of human behavior. *Science*. 309:562-563.
- Galicia, E., Torres-Irinero, E., y Gasca-Leyva, E. (2018). Economic value of Caribbean Flamingo (*Phoenicopterus ruber*) at Celestun Biosphere Reserve, Yucatan, Mexico: A birdwatching tourism approach. *Ornitología Neotropical*. 29(1):135-141.
- García de la Puente-Orozco, J.E., y Cruz-Chávez, P.R. (2014). Economic potential of birding in Los Cabos. *Global Conference on Business and Finance Proceedings*. 9(2):717-723.
- Gill, J.A. (2007). Approaches to measuring the effects of human disturbance on birds. *Ibis*. 149:9-14.
- Gómez de Silva, H., y Alvarado-Reyes, E. (2010). Breve historia de la observación de aves en México en el siglo XX y principios del siglo XXI. *Huitzil*. 11(1):9-20.
- Huhta, E., y Sulkava, P. (2014). The impact of nature-based tourism on bird communities: A case study in Pallas-Yllastunturi National Park. *Environmental Management*. 53(5):1005-1014.
- Hvenegaard, G.T. (2002). Birder specialization differences in conservation involvement, demographics, and motivations. *Human Dimensions of Wildlife*. 7(1):21-36.
- Kaplan, S. (2000). Human nature and environmentally responsible behavior. *Journal of Social Issues*. 56:491-508.
- Karp, D.S., y Root, T.L. (2009). Sound the stressor: how Hoatzins (*Opisthocomus hoazin*) react to ecotourist conversation. *Biodiversity and Conservation*. 18:3733-3742
- Kronenberg, J. (2014). Environmental impacts of the use of ecosystem services: case study of birdwatching. *Environmental Management*. 54(3):617-630.
- McFarlane, B.L. (1994). Specialization and motivations of birders. *Wildlife Society Bulletin*. 22:361-370.
- Naturalista, Conabio (2020). *Biodiversidad del estado de Nuevo León*. Disponible en: https://www.naturalista.mx/observations?place_id=11169
- Nisbet, E.K., Zelenski, J.M., y Murphy, S.A. (2009). The nature relatedness scale: linking individuals' connection with nature to Environmental concern and behavior. *Environment and Behavior*. 41:715-740.
- Revollo-Fernández, D.A. (2015) Does money fly? The economic value of migratory birdwatching in Xóchimilco, México. *Modern Economy*. 6:643-663.
- Scott, D., Ditton, R.B., Stoll, J.R., *et al.* (2005) Measuring specialization among birders: utility of a self-classification measure. *Human Dimensions of Wildlife*. 10:53-74.
- Sekercioglu, C.H. (2002). Impacts of birdwatching on human and avian communities. *Environmental Conservation*. 29(3):282-289.
- U.S. Fish and Wildlife Service, U.S. Department of the Interior, and U.S. Department of Commerce, U.S. Census Bureau. (2016). *National Survey of Fishing, Hunting, and Wildlife-Associated Recreation*. Disponible en: https://www.fws.gov/wsfrprograms/subpages/nationalsurvey/nat_survey2016.pdf

El Jardín Botánico Efraím Hernández Xolocotzi en el contexto de la conservación de la biodiversidad

César Cantú Ayala*, Fernando González Saldívar*, José Uvalle Saucedo*, Carlos Ramírez Martínez**, Humberto González Rodríguez*

El Jardín Botánico Efraím Hernández Xolocotzi (JB-EHX), de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, fue fundado en 1986 por el Dr. Glafiro José Alanís Flores; lleva el nombre del ilustre botánico tlaxcalteca, considerado el padre de la Etnobotánica en México (figura 1). Las primeras acciones para establecerlo en el Campus Linares de la UANL, en el municipio de Linares, Nuevo León, empezaron a principios de la década de 1980, coincidiendo con el inicio de los trabajos para crear la Asociación Mexicana de Jardines Botánicos, A.C., establecida formalmente en 1985 (Rodríguez-Acosta, 2000; Caballero, 2012). Mientras que, en el plano internacional, en 1987 fue creada la organización Botanic Gardens Conservation International (BGCI, por sus siglas en inglés), para vincular los jardines botánicos del mundo en una red global para la conservación de las plantas, que actualmente reúne a más de 600 jardines de este tipo en más de 100 países. A dicha asociación está adscrito el JB-EHX (Rodríguez-Acosta, 2000).

El origen del JB-EHX se inscribe en la tendencia global que buscaba contrarrestar los efectos del deterioro ambiental ocasionado por las actividades humanas, precursoras de la deforestación, el aprovechamiento excesivo de recursos naturales, la introducción de especies exóticas invasoras, la contaminación ambiental y el cambio cli-

mático (MEA, 2005). Esta situación dio origen a diversas iniciativas para proteger la biodiversidad. A nivel mundial, en 2002 se publicó la *Estrategia Mundial para la Conservación de Especies Vegetales*, la cual incluyó objetivos y metas encaminadas a su conservación, teniendo como horizonte temporal 2020. En esta estrategia se les consideró como las instituciones más importantes para llevar a cabo la conservación *ex situ* de la diversidad de especies vegetales, lo que permitió que su número a nivel global se duplicara en la primera década del presente siglo (Crane *et al.*, 2009; Sharrock, 2012). Entre las

metas propuestas en esta *Estrategia*, destaca la relacionada con éstos, ésta plantea que se debería conservar por lo menos 75% de las especies vegetales amenazadas en colecciones *ex situ*, preferentemente en el país de origen, por lo menos 20% de las especies está disponible para programas de recuperación y restauración (AICJB, 2001). En tanto que a nivel nacional, en 2012 se publicó la *Estrategia Mexicana para la Conservación Vegetal*, con el objetivo de incidir en las causas directas e indirectas del deterioro de la diversidad vegetal y detener su degradación y pérdida, así como favorecer las buenas prácticas

respecto a la conservación y el uso sustentable. Entre sus metas para fortalecer las acciones de conservación y representación de especies vegetales en jardines botánicos, se planteó que para 2020, 80% de las especies vegetales bajo alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 estuvieran representadas y conservadas (Conabio, 2012; Conabio-Conanp-Semarnat, 2008).

Los jardines botánicos ganan cada día mayor importancia como instrumentos de conservación, ya que, actualmente, el número de especies vegetales extintas registradas es el doble que el de mamíferos, aves y anfibios juntos. Una evaluación realizada a nivel global a miles de especies muestra que una de cada cinco (22%) especies de plantas está amenazada de extinción, en su mayoría en zonas tropicales (WWF, 2020).

* Universidad Autónoma de Nuevo León.
Contacto: cantu.ayala.cesar@gmail.com

El primer jardín botánico del que se tiene conocimiento fue creado, en el año 320 a.n.e. por Teofrasto en Atenas, Grecia. Éste albergó principalmente plantas medicinales y comestibles de la zona del Mediterráneo (Gerald y Gerald, 2015). Para el siglo X se tiene registro que en China y Egipto existían para estudiar plantas medicinales. El más antiguo del mundo se encuentra en la Universidad de Padua en Italia, y se ha mantenido activo de manera ininterrumpida desde su creación en 1545 (Huang, 2011).

En México, los precursores de los actuales jardines botánicos se encontraban en el imperio Azteca, como lo consignan los escritos de relación hechos por los conquistadores españoles. No fue sino hasta 1788 que se estableció el Real Jardín Botánico de México, así como la primera cátedra de botánica del país, impartida en la Real y Pontificia Universidad de México, heredera institucional de la UNAM (Vovides *et al.*, 2010). En el país existen 51 jardines botánicos en 14 estados de la república mexicana, de los cuales, 40 se encuentran adscritos a la Asociación Mexicana de Jardines Botánicos (Vovides *et al.*, 2013; AMJB, 2019).

Originalmente, sirvieron para el estudio de plantas medicinales y comestibles. No fue sino hasta mediados del siglo XX que se consideró la conservación de las especies silvestres dentro de sus objetivos (Prance, 2010). Se estima que existen más de 3 mil jardines botánicos en 148 países, los cuales mantienen colecciones de, aproximadamente, 100 mil



especies de plantas superiores, lo que representa el mayor reservorio de la diversidad vegetal fuera de sus hábitats naturales, y cuentan con los conocimientos técnicos necesarios para la conservación de esta importante fuente de germoplasma (Oldfield y McGough, 2007; Crane *et al.*, 2009). A nivel global, juegan un importante papel para la conservación *ex situ* de especies (Wyse y Sutherland, 2000). Un análisis de 445 principales jardines botánicos del mundo mostró que se han cultivado 80,070 especies vegetales, de las cuales 8,823 eran especies en riesgo de extinción en la Lista Roja de la UICN (Crane *et al.*, 2009).

El JB-EHX cubre una superficie de 6.2 hectáreas y actualmente cuenta con una colección de más de 3 mil plantas de 75 especies de cactáceas y plantas suculentas, de las cuales, 20 se encuentran en riesgo de extinción (NOM-059-SEMARNAT-2010). Tiene registro como Unidad de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (PVSNL-UMA-IN-1270-NL), por lo que está oficialmente acreditado para favorecer la conservación de la biodiversidad.

La misión del JB-EHX es contribuir a la conservación de la flora silvestre regional, a través de la investigación, docencia y extensión cultural para promover su aprovechamiento sostenible. Los objetivos que persigue son los siguientes:

- a) Representar la diversidad de especies vegetales del noreste de México en colecciones de plantas vivas, principalmente de especies xerófilas.

- b) Propiciar la investigación de la flora regional para mejorar el conocimiento sobre su ecología y fomentar su aprovechamiento sostenible.
- c) Apoyar cursos universitarios de Botánica, Ecología y los relacionados con el manejo de los recursos naturales.
- d) Fungir como reservorio de germoplasma de especies vegetales, principalmente de las catalogadas en riesgo de extinción.
- e) Contribuir a la divulgación del conocimiento sobre la importancia de la flora regional, a través de programas de educación ambiental.

En México, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SE-MARNAT-2010), al menos 987 de las más de 22,000 especies de plantas

mexicanas se encuentran en una de las cuatro categorías de riesgo de extinción, de las cuales, 287 se encuentran representadas en alguna ANP de México (Caballero, 2012; Martínez *et al.*, 2012; Conabio-PNUD, 2019). En 20 de los 40 jardines botánicos adscritos a la Asociación Mexicana de Jardines Botánicos, entre los que se encuentra el JB-EHX, tienen entre sus colecciones 4,868 especies vegetales de México, de las cuales, 446 están en riesgo de extinción según la NOM-059-SE-MARNAT-2010 (Conabio-PNUD, 2019) (figura 2).

Los 2,500 principales jardines botánicos del mundo fueron establecidos después de 1950 (Crane *et al.*, 2009). A nivel nacional, la Asociación Mexicana de Jardines Botánicos agrupa 51 jardines en 14 estados del

país (AMJB, 2020), lo que demuestra la importancia que han tenido estos instrumentos de conservación como elementos clave en los esfuerzos para conservar la biodiversidad, debido a que en ellos se registran las floras locales, regionales o nacionales; se evalúan las amenazas para las especies y sus poblaciones; se implementan programas educativos para profesionales y público en general, y se genera conciencia social sobre los impactos humanos en la diversidad de las plantas (Vovides *et al.*, 2013).

A nivel mundial, los jardines botánicos reciben alrededor de 250 millones de visitantes al año, 70 millones corresponden a los registrados en los Estados Unidos de América, Canadá y México, por lo que contribuyen de manera significativa a la educación



ambiental y a la creación de conciencia sobre la protección y cuidado de la biodiversidad entre la población (Kevin *et al.*, 2016; IABG, 2020). El JB-EHX ha sido un referente demostrativo para especialistas y público en general que desean conocer las especies vegetales de la región. Entre éstos, destacan los grupos de alumnos de todos los niveles escolares. En 2018 se inició un proyecto de educación ambiental para lo cual se estableció un programa de trabajo con la Unidad Regional No. 7 de la Secretaría de Educación de Nuevo León, que agrupa cuatro municipios, con un total de 1,798 profesores que atienden 28,720 alumnos en 571 planteles educativos, de preescolar, primaria, secundaria y educación especial. En este programa participan los estudiantes de semestres avanzados de la Facultad de Ciencias Forestales de las ingenierías Forestal y Manejo de Recursos Naturales, como instructores y guías de los recorridos en el jardín botánico. A la fecha se han recibido numerosos grupos de estudiantes a los que se han impartido conferencias sobre la importancia del cuidado del ambiente, abordando temas especiales sobre el manejo sustentable de los recursos naturales y el manejo de residuos sólidos urbanos, así como la visita guiada al JB-EHX.

En el JB-EHX se desarrollan diversos estudios sobre la Biología y Ecología de las especies vegetales de la región, abordando temas de fenología, polinizadores, depredadores y nodricismo. Estas investigaciones son realizadas principalmente por tesis de nivel licenciatura y posgrado de la FCF y de otras instituciones de educación superior del país. En cuanto a la docencia, el JB-EHX es un espacio para el análisis de las implicaciones prácticas del establecimiento y manejo como UMA (Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre) de un jardín botánico.

El banco de germoplasma del JB-EHX cuenta actualmente con 14 millones de semillas de 34 especies xerófitas, sin embargo, las zonas áridas y semiáridas de México albergan alrededor de 7,000 especies vegetales, de las cuales 3,000 son endémicas, por lo que, en ese sentido, queda mucho trabajo por hacer (Conabio-PNUD, 2019).

En México, a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), se está impulsando la creación de jardines etnobiológicos con el apoyo del gobierno federal, teniendo como meta establecer, al menos, un jardín etnobiológico en cada una de las entidades federativas. Esta iniciativa federal obedece a la tendencia mundial para promover el estudio interdisciplinario de las relaciones de plantas y animales con culturas humanas, incluidas las relaciones pasadas y presentes entre los pueblos y el medio ambiente.

Las facultades de Ciencias Biológicas, Agronomía y Ciencias Forestales de la UANL realizan, de manera conjunta, el proyecto “Fortalecimiento de las capacidades de los jardines etnobiológicos de Nuevo León para promover la conservación, investigación, docencia y divulgación científica de la biodiversidad regional”, con fondos del Conacyt (Fordecyt/03SE/2020/02/14-04; clave: 304982), con el objetivo de ampliar las colecciones vivas a otros grupos de organismos en el JB-EHX para estudiar la manera en que los seres

humanos nos relacionamos con éstos, a fin de analizar alternativas de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Para tal efecto, se implementarán sitios para la atracción y exhibición de las especies faunísticas de la región, a través del establecimiento de comederos y abrevaderos para registrar a las especies de vertebrados terrestres (principalmente reptiles, aves y mamíferos) e insectos polinizadores. Asimismo, se ampliará la colección de plantas vivas, incluyendo plantas medicinales, comestibles, especies de los géneros *Agave* y *Yucca*, y un *arbotum* de especies xerófilas, además de habilitar espacios con las comunidades vegetales representativas de la región: matorral espinoso tamaulipeco y matorral submontano para mostrar a los visitantes su composición florística, características estructurales y servicios ambientales que brindan a la sociedad, lo que fortalecerá el programa de educación ambiental que realiza la FCF-UANL para promover el cuidado del ambiente.

La pandemia de COVID-19 provocada por el virus SARS-COV-2, cuyo origen es zoonótico, está vinculada a acciones humanas que degradan el ambiente como la deforestación y el uso inadecuado de especies de fauna silvestre para fines alimentarios y medicinales. Esta enfermedad ha ocasionado una crisis económica global sin precedentes que exige a la sociedad y gobiernos mejorar la forma en que nos relacionamos con la naturaleza y



Figura 1. Recorrido inaugural del Jardín Botánico Efraím Hernández Xolocotzi en septiembre de 1986 (en la imagen, el Dr. Hernández Xolocotzi acompañado por el Dr. Glaforo José Alanís Flores).



Figura 2. Vista aérea del Jardín Botánico Efraím Hernández Xolocotzi de la Facultad de Ciencias Forestales de la UANL, localizado en el municipio de Linares, N.L.

aprovechamos los recursos naturales. Es evidente la necesidad de revisar el actual paradigma de desarrollo y de valoración de la naturaleza. No obstante que 75% de la superficie terrestre ha sido alterada significativamente por acciones humanas, y 66% de la superficie oceánica está experimentando múltiples impactos debidos a la pesca, la contaminación y los cambios químicos por acidificación, los sistemas sustentadores de vida que conforman el sector primario de la economía que incluyen la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca, representen sólo 4.1% del PIB, mientras que el sector terciario de la economía, que incluye los servicios de telecomunicaciones y turismo, significan 61% del PIB mundial, lo que resulta totalmente ilógico, considerando la cada vez más escasa condición de esos recursos naturales y su importancia vital para la humanidad (World Bank, 2020; ONU, 2020).

El 30 de septiembre de 2020, en Nueva York, la Organización de las Naciones Unidas realizó una reunión cumbre con los jefes de Estado y de Gobierno para tratar el tema “Acción urgente sobre la biodiversidad para el desarrollo sostenible”. En esta cumbre se destacó la crisis que enfrenta la humanidad por la degradación de la biodiversidad y la urgente necesidad de acelerar la acción sobre la biodiversidad para el desarrollo sostenible. También se analizó el marco de acuerdos para la conservación de la biodiversidad posterior a 2020 que se adoptará en la 15ª Conferencia de las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica en 2021, ahora que el decenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica 2011-2020 llega a su fin. Este marco, y su implementación efectiva, buscará poner a la naturaleza en el camino de la recuperación para 2030, para cumplir con los objetivos del desarrollo sostenible y hacer realidad la visión de “Vivir en armonía con la naturaleza” (ONU, 2020). Para lograr

este fin, será necesario implementar diversas estrategias de educación ambiental dirigidas a todos los sectores de la sociedad para que los gobernantes, empresarios y sociedad en general incorporen la vasta información técnica

disponible, desarrollada por expertos en el manejo de recursos naturales, en aras de alcanzar un modelo sostenible de desarrollo que armonice las actividades productivas con la conservación de la naturaleza. En esta coyuntura,

los jardines botánicos, junto con las áreas naturales protegidas, jugarán un importante papel para conectar a las personas con la naturaleza, a fin de que internalicen que el bienestar humano depende de los servicios ambientales que nos brinda la biodiversidad.

REFERENCIAS

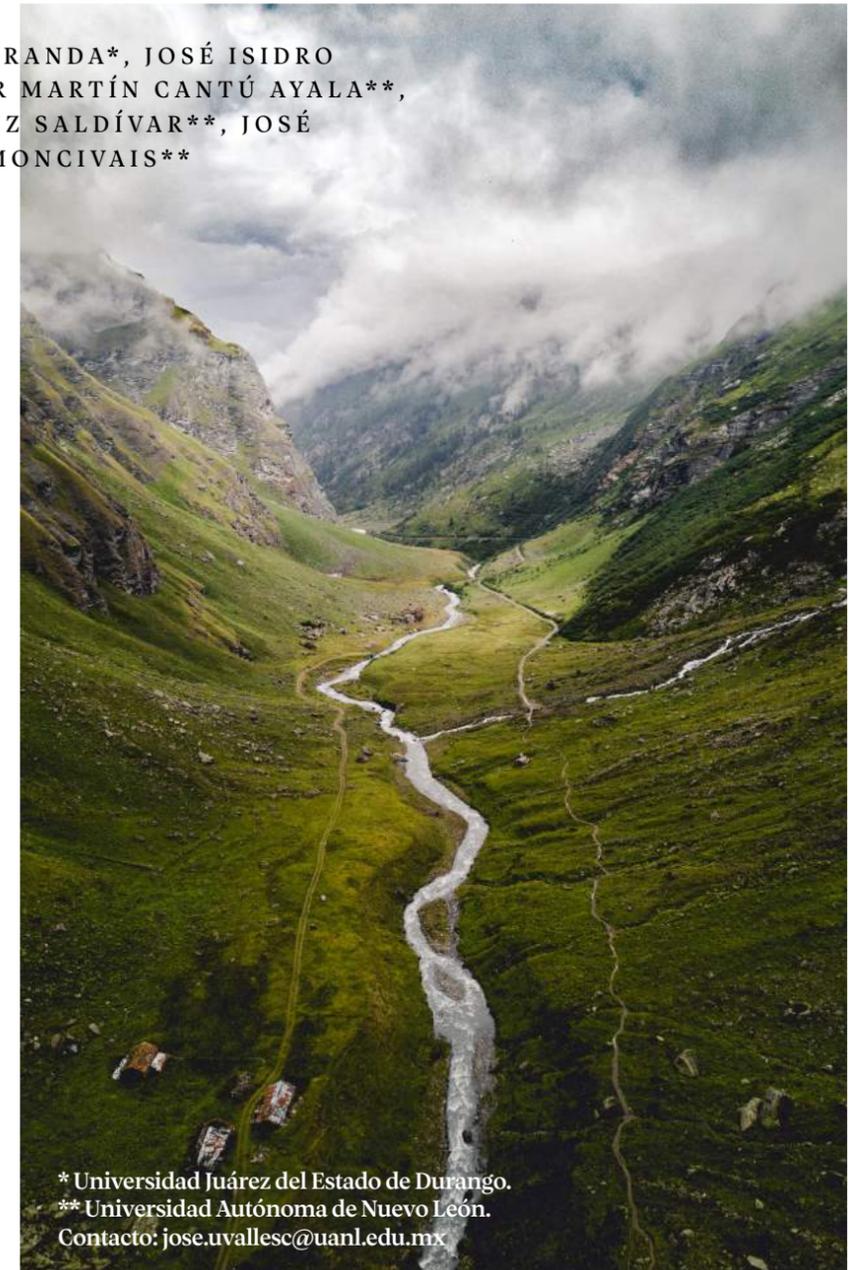
- Agenda Internacional para la Conservación en Jardines Botánicos (AICJB). (2001). *Organización Internacional para la Conservación en Jardines Botánicos* (BGCI). Pp. 90.
- Asociación Mexicana de Jardines Botánicos (AMJB). (2020). *Nuestra historia*. Disponible en: http://www.amjbnam.mx/historia_b.html
- Caballero, N.J. (coord.). (2012). *Jardines botánicos: contribución a la conservación vegetal de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). (2012). *Estrategia Mexicana para la Conservación Vegetal, 2012-2030*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. Pp. 94.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) y Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2019). *Sexto Informe Nacional de México ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB)*. Conabio/PNUD. México. Pp. 911.
- Conabio-Conanp-Semarnat. (2008). *Estrategia mexicana para la conservación vegetal: objetivos y metas*. México. Pp. 36.
- Crane, P., S. Hopper, P. Raven, et al. (2009). Plant science research in botanic gardens. *Trends in Plant Science*. 14(11):575-577.
- Gerald, M., y Gerald, G. (2015). *El libro de la Biología, del origen de la vida a la epigenética. 250 hitos de la historia de la Biología*. Ed. Librero. Kerkdriel. Países Bajos. Pp. 526.
- Huang, H. (2011). Plant diversity and conservation in China: planning a strategic bioresource for a sustainable future. *Botanical Journal of the Linnean Society*: 166. 282-300.
- Hultine, K., Majure, L., Nixon, V., et al. (2016). The Role of Botanical Gardens in the Conservation of *Cactaceae*. *Bioscience*. 66(12):1057-1065.
- International Association of Botanic Gardens (IABG). (2020). *Welcome to the International Association of Botanic Gardens*. Disponible en: <http://iabg.iubs.net/>
- Martínez, L., Franco, V., y Balcázar, T. (2012). *Plan de acción en educación ambiental para los jardines botánicos de México*. Asociación Mexicana de Jardines Botánicos, A. C., México.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.
- Organización de Naciones Unidas (ONU). (2020). *United Nations Summit on Biodiversity*. Disponible en: <https://www.un.org/pga/74/united-nations-summit-on-biodiversity/>
- Oldfield, S., y McGough, N. (Comp.) (2007). *Manual CITES para jardines botánicos*. Botanic Gardens Conservation International, Richmond, United Kingdom. Pp. 28.
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2012). *Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 y las Metas de Aichi "Viviendo en armonía con la naturaleza"*. CDB, PNUMA. Pp. 2.
- Prance, G.T. (2010). A brief history of conservation at the Royal Botanic Gardens, Kew. *Kew Bulletin*. 65:501-508.
- Rodríguez-Acosta, M. (Ed). (2000). *Estrategia de conservación para los jardines botánicos mexicanos, 2000*. Asociación Mexicana de Jardines Botánicos. A.C. México Pp. 36.
- Rodríguez-Acosta, M. (1999). Los jardines botánicos de México: análisis y perspectivas. *Conabio. Biodiversitas*. 23:9-15.
- Sharrock, S. (2012). GSPC. *Estrategia mundial para la conservación de la especies vegetales. Una guía para la GSPC metas, objetivos y datos*. Botanic Gardens Conservation International. Pp. 36.
- Vovides, A., Linares, E. y Bay, R. (2010). *Jardines botánicos de México: historia y perspectivas*. Secretaría de Educación del Gobierno del Estado de Veracruz. México. Pp. 232.
- Vovides, A., Iglesias, C., Luna, V., et al. (2013). Los jardines botánicos y la crisis de la biodiversidad. *Botanical Sciences*. 91(3): 239-250.
- World Bank. (2020). *World Bank national accounts data*. Disponible en: https://data.worldbank.org/indicator/NV.SRV.TOTL.ZS?end=2019&name_desc=false&start=1960&view=chart
- Wyse, J., y Sutherland, L. (2000). *International Agenda for Botanic Gardens in Conservation*. Botanic Gardens Conservation International, Richmond.
- WWF. (2020). *Informe Planeta Vivo 2020: Revertir la curva de la pérdida de biodiversidad*. Resumen. Almond, R.E.A., Grooten M. y Petersen, T. (Eds). WWF, Gland, Suiza.

Cambios de usos de suelo y vegetación en cuencas hidrográficas de Nuevo León, México

MARIO ALBERTO GARCÍA ARANDA*, JOSÉ ISIDRO UVALLE SAUCEDA**, CÉSAR MARTÍN CANTÚ AYALA**, FERNANDO NOEL GONZÁLEZ SALDÍVAR**, JOSÉ GUADALUPE MARMOLEJO MONCIVAIS**

Nuevo León es considerado uno de los estados más vanguardista de México por su desarrollo industrial, tecnológico e infraestructura, sin embargo, ha tenido un crecimiento desordenado, como lo indica el hecho de que en la mancha urbana del área metropolitana de Monterrey (AMM), cuya extensión representa 1.5% de la superficie del estado, alberga 88% del total de los habitantes (Cantú et al., 2013). Uno de los principales retos que afronta el AMM es el abastecimiento de agua para sus habitantes, por lo que resulta urgente analizar la condición de conservación que tienen sus cuencas hidrológicas a fin de proyectar las estrategias y acciones necesarias para asegurar la provisión de agua para su creciente población.

Nuevo León cuenta con catorce cuencas hidrográficas, cinco al norte, pertenecientes a la región hidrográfica 24 del Bravo-Conchos (A, B, C, D y E); cinco al suroeste, en el altiplano, pertenecientes a la región hidrográfica número 37 del río El Salado (A, B, C, G y H); tres al este y sureste, correspondientes a la región hidrográfica 25 del río San Fernando, y una última al sureste del estado, correspondiente



* Universidad Juárez del Estado de Durango.
** Universidad Autónoma de Nuevo León.
Contacto: jose.uvallesc@uanl.edu.mx

a la región hidrográfica 26 del río Pánuco. Dada su extensión, además de Nuevo León, algunas de estas cuencas se extienden a los estados de Coahuila, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas (INEGI, 2010a-p). Los procesos para análisis de cambio de uso de suelo requieren de una serie de pasos preliminares, siendo necesario homogenizar las distintas cubiertas y fechas por analizar, buscando reducir posibles discrepancias entre las clases y usos considerados, además de igua-

lar los límites geográficos para que las series de tiempo presenten una misma forma, extensión y códigos de clase.

En el presente análisis de cambio se consideraron dos cubiertas de vegetación: la serie 1 (Inegi, 1997), creada para interpretar vegetación de la década de 1970, y la serie 5, correspondiente a vegetación de 2009 (Inegi, 2013), esto implica un análisis de cambios de vegetación y usos del suelo en las 14

cuencas hidrográficas de Nuevo León de un periodo cercano a 30 años. A nivel país, en los últimos 30 años la expansión de zonas urbanas ha afectado los ecosistemas naturales, siendo mayor, incluso, que la actividad agropecuaria, llegando a una tasa de 7.4% anual, mientras que la de expansión de uso agrícola es de 0.8% anual. Se estima además que el país conserva solamente 50% de la cobertura de sus comunidades naturales (Sarukán *et al.*, 2009).

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN DE LAS SERIES 1 Y 5

Este análisis geográfico de escala regional incluye las catorce cuencas hidrográficas de Nuevo León hasta fuera de sus límites políticos. La serie 1 contabiliza hasta 72 distintas comunidades vegetales agrupadas en 28 tipos de vegetación, 36 de estas comunidades o 19 tipos de vegetación se encontraban ya en condición secundaria y se reconocen hasta 14 usos de suelo agrupados en siete usos generales. En la figura 1 se observa el mapa generalizado de vegetación y usos del suelo, en color verde intenso se identifica la vegetación natural primaria con 15'811,922 ha, en color verde claro se representa la condición secundaria de la vegetación con 3'070,918 ha, en azul los cuerpos de agua y en rojo se mues-

tran los usos antrópicos con 4'425,559 ha. En la serie 5 de vegetación se reconocen 35 distintas comunidades vegetales agrupadas en 27 tipos de vegetación, de éstas 21 presentan una condición secundaria y se llegan a reconocer hasta 21 usos de suelo agrupados en siete usos antrópicos.

La figura 2 muestra el mapa de vegetación y usos de suelo de la serie 5, en éste se observa la vegetación primaria en color verde intenso con una cobertura de 13'866,710 ha, la vegetación secundaria en verde claro tiene 2'421,014 ha y los usos antrópicos en rojo tienen una superficie de 6'932,583 ha.

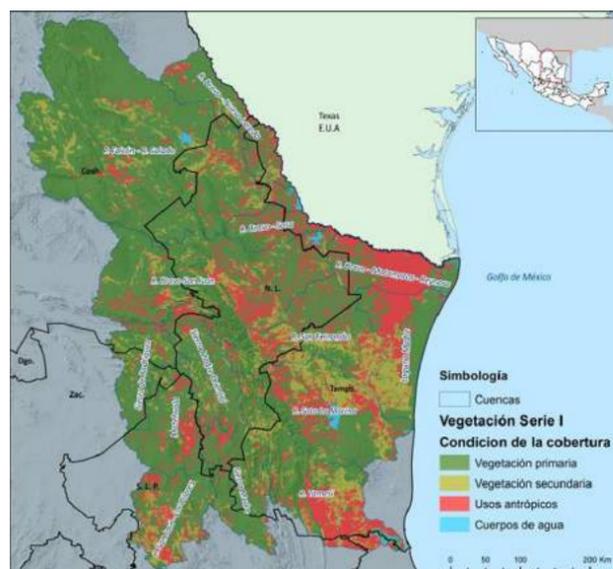


Figura 1. Mapa de uso del suelo y vegetación de la serie 1 de la región de cobertura de las 14 cuencas de Nuevo León (Inegi, 1993).

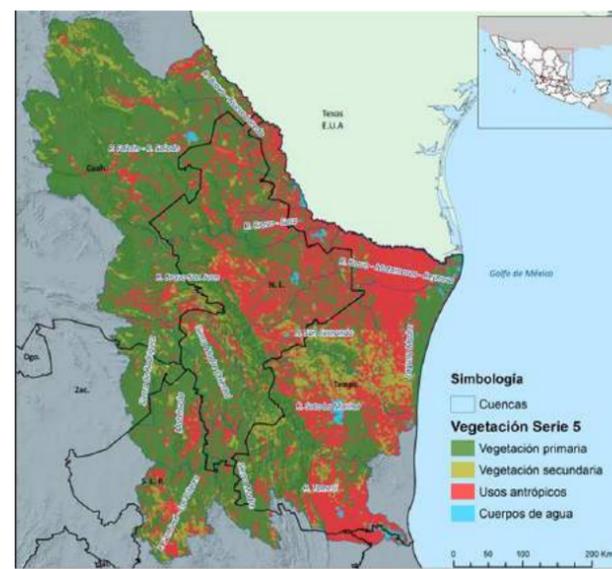


Figura 2. Mapa de uso del suelo y vegetación de la serie 5 de la región de cobertura de las 14 cuencas de Nuevo León (Inegi, 2013).

ANÁLISIS DEL CAMBIO ENTRE LA SERIE 1 Y LA SERIE 5

El análisis de cambio de uso del suelo efectuado entre las series 1 y 5 de la región marca una reducción de 11% de la vegetación natural (2'594,817 ha) y un incremento de 11% de la superficie con usos antrópicos (2'507,024 ha) (Inegi, 1997, 2013). En este lapso 15.5% de la superficie en la región sufrió algún tipo de degradación, destacando 9.2% de cambio de vegetación primaria a los usos antrópicos (2'146,903 ha); por otro lado, 5.2% de la superficie registró algún cambio de recuperación, siendo éste de hídrico a vegetación secundaria (probablemente por la desecación o pérdida de presas) (figura 3).

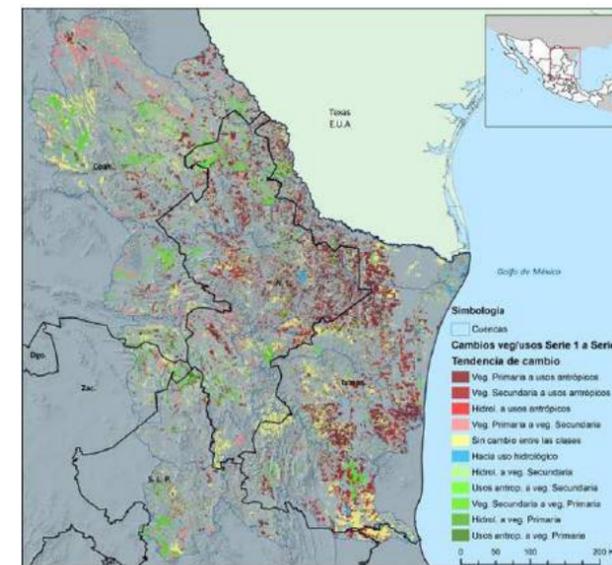


Figura 3. Mapa de análisis de cambios en el uso del suelo y la vegetación entre las series 1 y 5 en la región que comprenden las 14 cuencas de Nuevo León (Inegi, 1997, 2013).

El cambio ocurrido en el tiempo a lo largo de las cinco series de vegetación disponibles (Inegi, 1997, 2001, 2005, 2009, 2013), se muestra en la figura 4, donde las comunidades de vegetación natural en un principio (años setenta) cubrían cerca de 70% del territorio para reducirse 59% en la serie 5, caso contrario a los usos antrópicos, los cuales inicialmente cubrieron 19% para llegar a una superficie de 30% en la serie 5 en 2010.

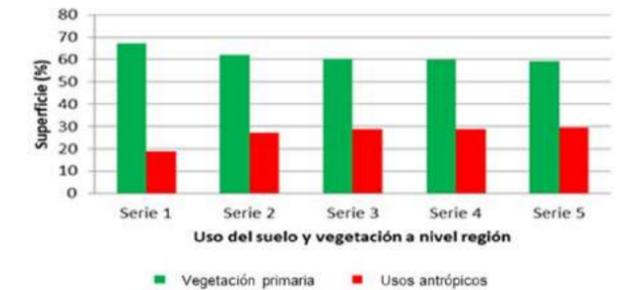


Figura 4. Representación del análisis de cambio de uso de suelo y vegetación de 14 cuencas de Nuevo León entre las series 1 y 5 de la vegetación primaria y los usos antrópicos (Inegi, 1997, 2001, 2005, 2009, 2013).

Si se considera únicamente los límites geopolíticos de Nuevo León, la cubierta de vegetación de los años setenta (serie 1) contabilizaba 35 comunidades vegetales agrupadas en 17 tipos de vegetación natural, 14 en condición secundaria, además de registrar 14 usos de suelo distintos agrupados en seis usos antrópicos generalizados. Sólo en Nuevo León se conservaba una vegetación primaria de 4'484,910 ha, una vegetación secundaria de 699,549 ha y los usos antrópicos con una superficie de 1'170,557 ha (figura 1). Mientras que la cubierta de Nuevo León serie 5 (figura 2) para 2009 se reconocen sólo 21 distintas comunidades vegetales naturales agrupadas en 19 tipos de vegetación primaria, 16 de éstas en condición de vegetación secundaria (cambio registrado por el mayor detalle utilizado en la elaboración de la serie 5 que la serie 1) y 14 diferentes usos de suelo agrupados en seis usos antrópicos. El cambio a lo largo de las cinco series de vegetación en el estado de Nuevo León (figura 5), donde se observa que las comunidades de vegetación natural en un principio (años setenta) llegaron a cubrir 71% del estado para reducirse a 58% en la serie 5, el efecto inverso se ve en los usos antrópicos, los cuales inicialmente cubrieron 17% para llegar a una superficie de 33% en la serie 5 en 2015, observándose una tendencia similar a la del análisis regional.

En la serie 5 de vegetación, únicamente para Nuevo León (2009) la vegetación primaria tiene una superficie de 3'698,808 ha, mientras que la vegetación secundaria alcanza una superficie de 515,824 ha y los terrenos dedicados a usos antrópicos llegan a 2'119,071 ha y los cuerpos de agua cubren una superficie de 22,180 ha (figura 2).

Sólo en Nuevo León, en términos de tipo de cambios del suelo ocurridos entre las series 1 y 5, 19.5% de la superficie regional sufrió algún tipo de degradación, destacando 13.7% de cambio de vegetación primaria a los usos antró-

picos (870,407 ha) y 5.3% de la superficie registró un proceso de recuperación (339,613 ha), con 3.7% de cambio de vegetación secundaria a vegetación primaria (237,224 ha) (figura 3).

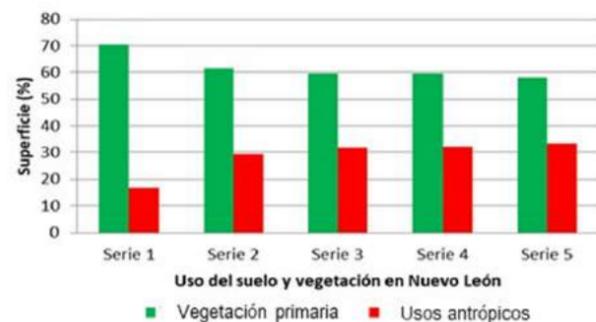


Figura 5. Representación para Nuevo León del análisis de cambio de uso de suelo y vegetación de las series 1 a 5 entre vegetación primaria y usos antrópicos (Inegi, 1997, 2001, 2005, 2009, 2013).

ANÁLISIS DE TRANSFORMACIONES Y PERMANENCIAS

El número total de diferentes cambios sucedidos entre las series 1 y la 5 (figura 3) fue de 223; estos cambios fueron agrupados de acuerdo a su clase; 31.85% de la superficie permaneció sin alteraciones, dentro de los cambios de pérdida o degradación el principal fue de vegetación primaria a usos antrópicos (29.58%), el cambio de vegetación primaria a vegetación secundaria (10.41%), de vegetación secundaria a usos antrópicos (9.97%) y de uso hidrológico a usos antrópicos (0.07%). El cambio de recuperación más importante fue de vegetación secundaria a primaria (11.43%), de usos antrópicos a vegetación primaria (3.71%), de uso antrópico a vegetación secundaria (1.52%), de uso hidrológico a vegetación primaria (0.093%) y de hidrológico a vegetación secundaria (0.0002%), finalmente los cambios hacia uso hidrológico con 1.52%.

En cuanto al análisis de cambio sucedido únicamente en Nuevo León, el número total de diferentes cambios sucedidos entre la serie 1 y la 5 fue de 194, en la agrupación



según su clase; 26.42% de la superficie permaneció sin cambio, dentro de los cambios de pérdida o degradación el principal fue de vegetación primaria a usos antrópicos (40.21%), el cambio de vegetación primaria a vegetación secundaria (9.26%), de vegetación secundaria a usos antrópicos (7.79%) y de uso hidrológico a usos antrópicos (0.002%). El cambio de recuperación más importante fue de vegetación secundaria a primaria (10.98%), de usos antrópicos a vegetación primaria (3.35%), de uso antrópico a vegetación secundaria (1.06%) y de hidrológico a vegetación secundaria (0.00001%), finalmente los cambios hacia uso hidrológico con 0.94%.

Los resultados obtenidos en esta investigación exhiben impactos negativos potenciales con una predisposición hacia el deterioro. Al respecto, diferentes autores manifiestan que la eliminación de la cubierta vegetal trae consigo la pérdida o modificación de los bienes y servicios ambientales, alteración de los ciclos hidrológicos, el calentamiento global, la pérdida del suelo, la pérdida de hábitats para la fauna y flora (Moreno y García, 2015; Velázquez *et al.*, 2002). Con la predicción del cambio de uso del suelo se puede planear, con mejor base de conocimiento, las acciones necesarias para evitar la pérdida de cobertura forestal, replantar y ordenar el uso y destino del territorio, e incluso planear las estrategias de restauración de las áreas degradadas, con el fin de incrementar áreas en programas de pagos por servicios ambientales y de mercados nacionales e internacionales de captura de carbono (Moreno y García, 2017). Rodríguez *et al.* (2017) aseguran que la dinámica de la co-

bertura observada ayuda a diagnosticar que los cambios ocurridos en la cuenca representan indirectamente una modificación importante al ciclo hidrológico y, por consiguiente, incrementan la vulnerabilidad de los grupos sociales que habitan la cuenca a los efectos del cambio climático. Los cambios manifestados como pérdida de la cubierta vegetal cuantificada en este estudio, tanto a nivel regional como estatal, representan riesgo en la estabilidad de los procesos en los que interfiere, como el ciclaje de nutrientes y eventual enriquecimiento del suelo, en la redistribución de la precipitación, la cobertura vegetal sobre el suelo, entre otros, son evidentes indicadores de potenciales riesgos de la continuidad de los procesos inherentes proporcionados por el componente vegetal.

Las intensidades de cambio, tanto de la presencia de vegetación asociada a las áreas urbanas como el de matorrales en estado de degradación constituyen un indicador importante para la prevención de disparadores de transformación, ya que es un fenómeno conocido que las "áreas degradadas" son potenciadoras de transformación, sobre todo en áreas muy cercanas a los centros urbanos o en áreas dedicadas a la agricultura o ganadería (Vela y Lozano, 2015).

La cuenca del Río Bravo-San Juan ocupa el mayor territorio de Nuevo León, con 1,967,347 ha. La superficie total de cambio entre las series 1 y 5 fue de 1,000,255 ha (31%), donde 17.8% cambió hacia usos antrópicos y 7.8% a vegetación primaria. La degradación en la cuenca fue de 18.6% con una baja recuperación (4.6%).

CONCLUSIONES

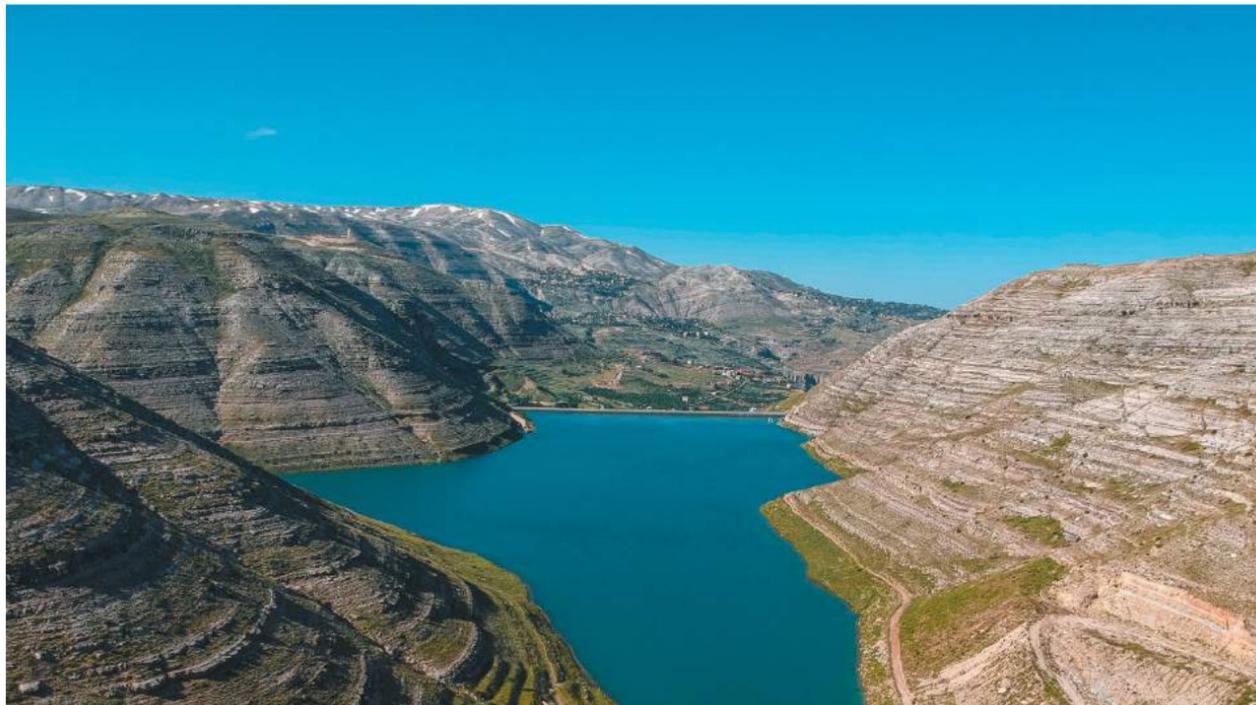
En la escala regional que circunscribe a las catorce cuencas hidrográficas de Nuevo León, el cambio de uso del suelo marcó una reducción de 11% de la superficie cubierta con vegetación natural, así como un incremento igual de la superficie con usos antrópicos, destacando el cambio de vegetación primaria a los usos antrópicos. Cabe destacar que un bajo porcentaje de la superficie registró algún cambio de recuperación, siendo éste de hídrico a vegetación secundaria (probablemente por la desecación o pérdida de presas).

La superficie de Nuevo León sufrió algún tipo de degradación, destacando el de cambio de vegetación primaria a usos antrópicos. También, la superficie registró un proceso de recuperación, con 3.7% de cambio de vegetación secundaria a vegetación primaria.

En el caso del análisis de transformaciones y permanencias a nivel regional, aproximadamente una tercera parte de la superficie permaneció sin alteraciones. Los principales factores que determinan los cambios de pérdida o degradación son cambio de vegetación primaria a usos antrópicos, el cambio de vegetación primaria a vegetación secundaria, de vegetación secundaria a usos antrópicos y de uso hidrológico a usos antrópicos.

El cambio de recuperación más importante fue de vegetación secundaria a primaria, de usos antrópicos a vegetación primaria, de uso antrópico a vegetación secundaria, de uso hidrológico a vegetación primaria y de hidrológico a vegetación secundaria, finalmente, los cambios hacia uso hidrológico con -2%.

El análisis de cambio en Nuevo León arroja que 26.42% de la superficie permaneció sin cambio. El estudio de los cambios de pérdida o degradación indica que el principal factor fue el de vegetación primaria a usos antrópicos, el cambio de vegetación primaria a vegetación secundaria, el de vegetación secundaria a usos antrópicos y con un bajo porcentaje al uso hidrológico a usos antrópicos. El cambio de recuperación más importante fue de vegetación secundaria a primaria, seguido de usos antrópicos a vegetación primaria, de uso antrópico a vegetación secundaria y de hidrológico a vegetación secundaria; finalmente, los cambios hacia uso hidrológico.



REFERENCIAS

- Cantú-Ayala, C., Marmolejo-Moncivais, J., González-Saldívar, F., et al. (2013). El Parque Nacional Cumbres de Monterrey en el Contexto de la Conservación. En: Cantú-Ayala et al. (eds.), *Historia Natural del Parque Nacional Cumbres de Monterrey*. México. UANL-Conanp. México. Pp. 15-26.
- Inegi. (1997). *Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000. Serie I (continuo nacional). Digitalización de las cartas de uso del suelo y vegetación elaboradas por Inegi entre los años 1980-1991 con base en fotografías aéreas de 1968-1986*. México, D.F.
- Inegi. (2001). *Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie II (continuo nacional)*.
- Inegi. (2005). *Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie III (continuo nacional)*.
- Inegi. (2009). *Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie IV (continuo nacional)*.
- Inegi. (2010a). *Red hidrográfica edición 2.0. Cuenca R. Bravo-Matamoros-Reynosa. Región H. Bravo Conchos. RH24A. Escala 1:50000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010b). *Red hidrográfica edición 2.0. Cuenca R. Bravo-San Juan. Región H. Bravo Conchos. RH24B. Escala 1:50000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010c). *Red hidrográfica edición 2.0. Cuenca R. Bravo - Sosa. Región H. Bravo Conchos. RH24C. Escala 1:50 000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010d). *Red hidrográfica edición 2.0. Cuenca P. Falcón- R. Salado. Región H. Bravo Conchos. RH24D. Escala 1:50 000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010e). *Red hidrográfica edición 2.0. Cuenca R. Bravo - Nuevo Laredo. Región H. Bravo Conchos. RH24E. Escala 1:50 000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010f). *Red hidrográfica. Escala 1:50000. Edición 2.0. Cuenca hidrográfica R. Soto la Marina. RH25B. Escala 1:50000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010g). *Red hidrográfica. Escala 1:50000. Edición 2.0. Cuenca hidrográfica Laguna Madre. RH25C. Escala 1:50000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010h). *Red hidrográfica. Escala 1:50000. Edición 2.0. Cuenca hidrográfica R. San Fernando. RH25D. Escala 1:50000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010i). *Red hidrográfica. Escala 1:50000. Edición 2.0. Cuenca R. Tamesí. RH26B. Escala 1:50 000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010j). *Red hidrográfica. Escala 1:50000. Edición 2.0. Cuenca Sierra Madre Oriental. RH37A. Escala 1:50000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010k). *Red hidrográfica. Escala 1:50000. Edición 2.0. Cuenca Sierra Madre Oriental. RH37A. Escala 1:50000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010l). *Red hidrográfica. Escala 1:50000. Edición 2.0. Cuenca Sierra Madre Oriental. RH37A. Escala 1:50 000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010m). *Red hidrográfica. Escala 1:50000. Edición 2.0. Matehuala. RH37B. Escala 1:50000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010n). *Red hidrográfica. Escala 1:50000. Edición 2.0. Sierra de Rodríguez. RH37C. Escala 1:50000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010o). *Red hidrográfica. Escala 1:50000. Edición 2.0. P. San José-Los Pílares. RH37G. Escala 1:50000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010p). *Red hidrográfica. Escala 1:50000. Edición 2.0. Sierra Madre. RH37H. Escala 1:50 000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2013). *Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación escala 1:250000, serie V (capa unión). Escala: 1:250000*. Edición: 2a. Aguascalientes, Aguascalientes.
- Moreno, T.A., y García, A., M.A. (2017). Cambio de uso de suelo y captura de carbono en la Sierra Madre Oriental. En: Biodiversidad y desarrollo rural en la Sierra Madre Oriental de Nuevo León. *Revista ResearchGate*. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/313386894>
- Rodríguez, P.J.A., Carreón, E., Lafón, A., et al. (2017). Cambio de uso de suelo en la cuenca del río Conchos, Chihuahua, México. En: Montero, M.M.J., O.F. Ibáñez H. *La cuenca del Río Conchos: una mirada desde las ciencias ante el cambio climático*. *Revista ResearchGate*. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Rebeca_Villela/publication/324780788_LA_CUENCA_DEL_RIO_CONCHOS_UNA_MIRADA_DESDE_LAS_CIENCIAS_ANTE_EL_CAMBIO_CLIMATICO/links/5aelf239a6fdcc91399fc346/LA-CUENCA-DEL-RIO-CONCHOS-UNA-MIRADA-DESDE-LAS-CIENCIAS-ANTE-EL-CAMBIO-CLIMATICO.pdf#page=158.
- Sarukhán, J., Koleff, P., Carabias, J., et al. (2009). *Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual y perspectivas de sustentabilidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Vela, C.M.P., Lozano, G., D.F. (2015). Cambio en la cobertura y uso de suelo y evaluación del paisaje en el Monumento Natural Cerro de la Silla, Nuevo León, México. *Revista ResearchGate*. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/268198519>.



SECCIÓN ACADÉMICA

Fenología reproductiva de *Mammillaria heyderi* Muehlenpf. y *Mammillaria sphaerica* A. Dietr. en Montemorelos, Nuevo León, México

Agave espadín (*Agave striata* Zucc.) un posible recurso para las comunidades ixtleras de Nuevo León



Fenología reproductiva de *Mammillaria heyderi* Muehlenpf. y *Mammillaria sphaerica* A. Dietr. en Montemorelos, Nuevo León, México

Gilberto Carlos García Leal*, Fernando González Saldívar*, César Cantú Ayala*, José I. Uvalle Saucedo*

DOI: <https://doi.org/10.29105/cienciauanl24.105-1>

RESUMEN

Se registró la fenología reproductiva de *Mammillaria heyderi* Muehlenpf. y *Mammillaria sphaerica* A. Dietr., pertenecientes a un programa de rescate de flora en Montemorelos, Nuevo León. El estudio se realizó entre abril de 2017 y abril de 2018, seleccionando y marcando diez individuos maduros de las dos especies, para evaluar la presencia de sus estadios fenológicos mediante muestreos semanales, generando fenogramas. Las dos especies registraron un patrón de floración y fructificación unimodal. La floración entre *Mammillaria heyderi* y *Mammillaria sphaerica* es sucesiva con un mes de diferencia. Las dos especies estudiadas presentaron similitudes en crecimiento, y fructificación.

Palabras clave: cactácea, fenofases, fenología reproductiva, *Mammillaria heyderi*, *Mammillaria sphaerica*, conservación, zonas áridas.

La familia de las cactáceas contribuye con cerca de 2,000 especies del número total, a nivel global, de las plantas vasculares (Bravo y Sánchez, 1991), es una familia que se distribuye mayormente en el norte y sur de América. En Norteamérica, México es uno de los centros con alta diversidad de especies, las cactáceas ocupan el quinto lugar en riqueza con 46 géneros y 660 especies de las cuales más de 70% son endémicas (Ortega-Baés y Godínez-Álvarez, 2010).

Las cactáceas se catalogan como miembros prominentes de listas de especies en riesgo de extinción tanto a nivel nacional como internacional. Esto incluso para aquellos que no se han estudiado a detalle, y dada la necesidad de evaluar estas especies, todavía hay un importante sesgo de información (Zepeda-Martínez *et al.*, 2013).

ABSTRACT

Reproductive phenology of *Mammillaria heyderi* Muehlenpf and *Mammillaria sphaerica* A. Dietr., belonging to a flora rescue program, located in Montemorelos, Nuevo León. The study was conducted between April 2017 and April 2018, selecting and marking ten mature individuals of both cacti species, evaluating the presence of their phenological stages by means of weekly sampling, generating phenograms. Both cacti species showed a unimodal flowering and fructification pattern. The flowering phase between *Mammillaria heyderi* and *Mammillaria sphaerica* is successive with a month of difference. Both species had similarities in growth and fruiting.

Keywords: Cactaceae, Phenophases, Reproductive Phenology, *Mammillaria heyderi*, *Mammillaria sphaerica*, Conservation, Arid Zones.

La investigación fenológica tiene una contribución fundamental para el conocimiento de las distintas especies, dando pie a investigaciones diversas con aplicaciones distintas según sean los propósitos. La reproducción es uno de los procesos que influyen en el tamaño y la dinámica de población (Méndez *et al.*, 2005).

Examinando las relaciones entre la fenología de floración, la producción de frutos y los datos climatológicos se puede proveer información de las fuerzas selectivas que afectan el tiempo de floración (McIntosh, 2002). Conociendo esto se puede predecir la cantidad de frutos posibles y el tiempo adecuado de recolección para la obtención de semillas.

*Universidad Autónoma de Nuevo León.
Contacto: fer1960_08_10@hotmail.com

Petit (2001) describe la fenología reproductiva de tres especies columnares de cactáceas (*Stenocereus griseus*, *Subpilocereus repandus* y *Pilosocereus lanuginosus*) en Curazao, observó las respuestas de las especies estudiadas a los efectos climáticos (precipitación y temperatura), además notó que la precipitación puede afectar la formación de estructuras reproductivas, principalmente los botones florales. Asimismo, observa que el disturbio humano afecta la fenología de tales plantas. El comienzo y fin de fases y etapas sirven como medio para juzgar la rapidez del desarrollo de las plantas (Torres, 1995).

El objetivo de este estudio fue determinar el ciclo de las fenofases, crecimiento vegetativo, floración y fructificación, que a su vez fueron relacionadas con los datos climáticos del área, de dos especies, *Mammillaria heyderi* Muehlenpf. y *Mammillaria sphaerica* A. Dietr., de abril de 2017 a abril de 2018, en un centro de acopio de plantas rescatadas de la construcción de un gasoducto, ubicado en Montemorelos, Nuevo León, México.

MÉTODOS

Área de estudio

El estudio fue realizado en uno de los centros de acopio, provisto de 50% de malla sombra, de plantas pertenecientes a un programa de rescate de flora, a lo largo de la instalación de un gasoducto, desde el municipio de Los Ramones, cruzando todo N.L. del NE al SO del estado, hasta los límites entre San Luis Potosí y Querétaro, éstas sin tratamiento. Se encuentra ubicado en Montemorelos, Nuevo León, a 30 km de la ciudad; localizado en las coordenadas 25°04'39.09" LN y 99°31'04.59" LW, con una elevación máxima de 420 msnm. El clima presente en la región es del tipo (A) C (W₀), semicálido subhúmedo con lluvias en verano; clasificado por Köppen y después modificado por García (1981). La temperatura media anual es mayor a los 18°C, la precipitación anual alrededor es de 800 mm con una distribución bimodal (en los meses de abril a mayo y de septiembre a octubre).

El tipo de vegetación dominante en la región circundante al centro de acopio corresponde a matorral espinoso tamaulipeco (INEGI, 2013). Éste se conforma por especies como *Havardia pallens*, *Acacia rigidula*, *Celtis pallida*, *Leucophyllum frutescens*, *Forestiera angustifolia* y *Acacia farnesiana*; caracterizado por estratos arbustivos altos y medios, así como estratos arbóreo altos (García, 1999).

Determinación del estado fenológico

El estudio fue realizado entre abril de 2017 y abril de 2018, seleccionando y marcando diez individuos maduros y sanos de cada una de las especies a estudiar (*Mammillaria heyderi*, *Mammillaria sphaerica*), esto con el propósito de evaluar la presencia de sus estadios fenológicos (crecimiento vegetativo, flor inmadura, intermedia, madura, muerta; fruto inmaduro, intermedio, maduro y en dispersión) mediante muestreos semanales, el crecimiento vegetativo se estimó mediante la aparición de nuevas aréolas, de menor tamaño, de coloración más clara y blandas en comparación con las aréolas ya desarrolladas y la cantidad de las estructuras reproductivas por individuo y por cada estadio fenológico (Novoa *et al.* 2005).

Datos climáticos

Se registraron los datos climáticos de precipitación usando un pluviómetro, y se registró la temperatura con la ayuda de un termómetro ambiental de máximas y mínimas en el sitio de estudio, a fin de relacionarlos con la respuesta del crecimiento vegetativo y producción de estructuras reproductivas de las dos especies estudiadas.

Análisis de datos

Se generó una base de datos colectados en campo que, a su vez, fueron ordenados en los paquetes informáticos Sigma Plot y Excel. Para el manejo de los datos fenológicos se realizaron gráficos de crecimiento vegetativo, así como gráficas de las cantidades registradas de estructuras reproductivas de flor y fruto según su estadio a lo largo del año, de igual forma se generaron climogramas de las variables de temperatura y precipitación.

RESULTADOS

La temperatura media anual fue de 23°C; la máxima, de 44°C, fue registrada en junio, y la mínima, de 0°C, en los meses de diciembre y enero. La precipitación total anual fue de 857 mm, siendo octubre el mes con mayor precipitación de 298 mm (figura 1 D).

Mammillaria heyderi presentó crecimiento durante la mayor parte del año, fluctuando entre 100 y 0% de las plantas estudiadas (n=10; figura 1A). El descenso del porcentaje de crecimiento se debe, probablemente, a que la planta concentró su energía en la floración que se registró en el mismo lapso de enero y febrero (figura 1A y 1B). El estadio de flor inmadura mostró la mayor producción de flores (109) en febrero, mientras que para la flor intermedia el mayor número de flores (17) se registró en marzo. Por otra parte, en febrero fue registrado

el mayor número (10) de flores maduras y flores muertas con 41 unidades en el mes de marzo (figura 1B). El estadio fruto inmaduro mostró la mayor producción de frutos (192) en mayo, mientras que para el fruto intermedio el mayor número de frutos (10) fue registrado en septiembre. Por otra parte, en junio fueron observados 24 frutos maduros, y diez frutos en dispersión en julio (figura 1C).

Mammillaria sphaerica presentó crecimiento la mayor parte del año, fluctuando entre el 100 y 20% de las plantas estudiadas (n=10) en junio, octubre y febrero, el descenso del

porcentaje de crecimiento vegetativo fue, probablemente, debido a que concentró su energía en la floración y fructificación; por otra parte, coincidió con las bajas temperaturas registradas (figura 1E, F, G y D). El estadio de flor inmadura mostró la mayor producción de flores (35) en mayo, así como para la flor intermedia (3). Por otra parte, en junio fue registrado el mayor número (9) de flores maduras. A su vez, el mayor número de flores muertas (24) se mostró en julio (figura 1F). El estadio de fruto inmaduro mostró la mayor producción de frutos (24) en junio, mientras que para el fruto intermedio el mayor número de frutos (9) fue registrado en julio.

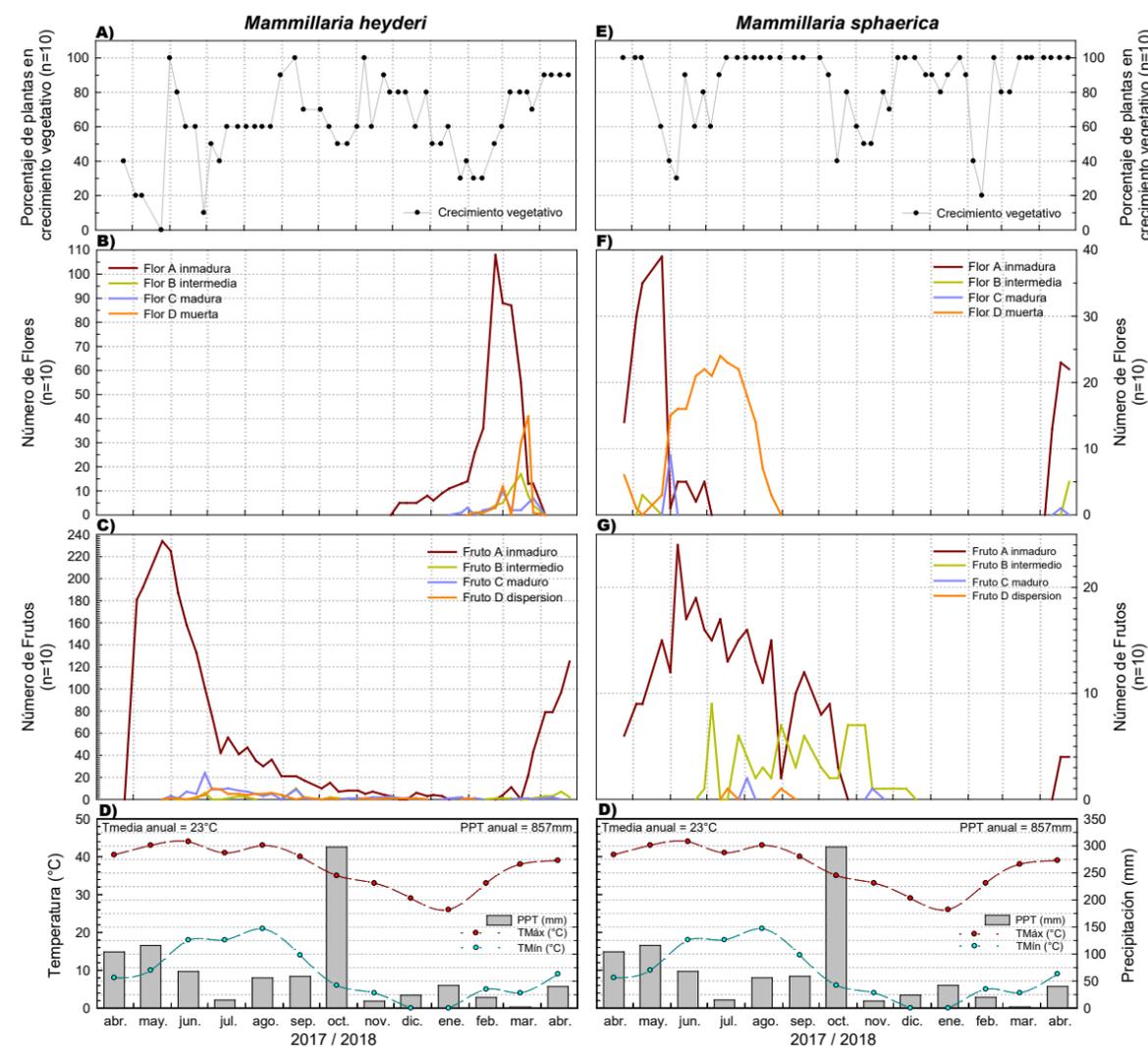


Figura 1. Fenogramas de A) crecimiento vegetativo, B) floración y C) fructificación de *Mammillaria heyderi*; D) climograma de temperatura máxima y mínima mensual, y precipitación mensual. Fenogramas de E) crecimiento vegetativo, F) floración y G) fructificación de *Mammillaria sphaerica*.

Por otra parte, en agosto fueron observados dos frutos maduros, y un fruto en dispersión en julio (figura 1G).

DISCUSIÓN

El desarrollo de las etapas fenológicas entre las especies fue diferente durante el periodo de recolección de los datos. De cada una de las dos especies se observaron diversas relaciones entre las fenofases, las cuales son representativas para los estadios fenológicos.

Precipitación y fenología

El efecto de la variación en los periodos de lluvia y sequía en la producción de flores se ha probado en algunas plantas del matorral (Jentsch *et al.*, 2009). Las especies *Mammillaria heyderi* y *Mammillaria sphaerica* presentaron su mayor producción de flores durante precipitaciones bajas. En contraste, la producción de flores en algunos ejemplares de cactáceas como *Stenocereus griseus* es afectada negativamente por la lluvia y pueden variar en abortos florales después de periodos de fuertes lluvias (Petit, 2001).

Una mayor disponibilidad del agua en la etapa de reproducción aumenta la producción de frutos (De la Barrera y Nobel, 2004), esto dependerá de la intensidad y del momento de los eventos de lluvia (Sala y Lauenroth, 1982). Esto es notable en las especies estudiadas, ya que presentan una mayor producción y maduración de los frutos con precipitación intermedia.

Temperatura y fenología

El principal factor climático que afecta el desarrollo de las plantas es la temperatura (Menzel, 2000; citado por Alvarado *et al.*, 2002). Por lo tanto, la precipitación no corresponde al único factor que desencadena la formación de flores en los trópicos (Petit, 2001), pequeñas diferencias en el fotoperiodo inducen la floración en ciertas especies de plantas en Nigeria (Njoku, 1958), siendo además la temperatura un factor desencadenante fenológico importante en plantas no tropicales (Ahlgren, 1957).

Durante los periodos de altas temperaturas *Mammillaria sphaerica* generó una alta producción de flores y frutos, mientras que a bajas temperaturas su crecimiento se vio reducido. En contraste, *Mammillaria heyderi* no presentó producción de flores, frutos y crecimiento significativos en relación con la temperatura.

Otros factores que afectan la fenología de las especies

Una posible causa de procesos de aborto floral y pérdida de frutos que no presentan una relación aparente con los factores de precipitación y temperatura pueden ser relacionados por factores bióticos como la presencia de depredadores herbívoros o frugívoros, la intervención de polinizadores, la competencia entre polinizadores por las flores, dispersores de semillas y el tamaño de la planta (Stiles, 1977; Stephenson, 1981; Wheelwright, 1985; Brody, 1997; Pilson, 2000; Ollerton y Lack, 1998).

CONCLUSIONES

Las dos especies sujetas a estudio registraron un patrón de floración y fructificación unimodal. *Mammillaria heyderi* en invierno y primavera, mientras que *Mammillaria sphaerica* presentó la etapa de floración predominante durante la primavera y el verano; en cuanto a la fructificación, *Mammillaria sphaerica* la registró de primavera a otoño; en contraste, *Mammillaria heyderi* presentó sus diferentes estadios de fructificación durante todo el año.

REFERENCIAS

Ahlgren, C.E. (1957). Phenological observations of nineteen native tree species in northeastern Minnesota. *Ecology*. 38:622-628.

Alvarado, M., Foroughbackhch, R., Jurado, E., *et al.* (2002). El cambio climático y la fenología de las plantas. *Ciencia UANL*. 5(4):493-500.

Bravo-Hollis, H., y Sánchez-Mejorada, H. (1991). *Las cactáceas de México*, vol. 2 y 3. Universidad Nacional Autónoma de México, DF, México.

Brody, A.K. (1997). Effects of pollinators, and seed predators on flowering phenology. *Ecology*. 78:1624-1631.

De la Barrera, E., y Nobel, P. (2004). Carbon and water relations for developing fruits of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, including effects of drought and gibberellic acid. *Journal of Experimental Botany*. 55:719-729.

García, E. (1981). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana*. 3ra. edición UNAM, México D.F., 252 pp.

García J. (1999). *Caracterización del matorral con condiciones prístinas en el área de Linares, N.L., México*. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, 1-68 pp.

INEGI. (2013). *Carta de uso de suelo y vegetación. Escala 1:250000*. Comisión de Estudios del Territorio Nacional.

Jentsch, A., Kreyling, J., Boettcher-Treschkow, *et al.* (2009). Beyond gradual warming: extreme weather events alter flower phenology of European grassland and heath species. *Global Change Biology*. 15:837-849.

McIntosh, M.E. (2002). Flowering phenology and reproductive output in two sister species of *Ferocactus* (Cactaceae). *Plant Ecology*. 159:1-13.

Méndez, M., Durán, R., Dorantes, A., *et al.* (2005). Floral demography and reproductive system of *Pterocereus gaumeri*, a rare columnar cactus endemic to Mexico. *Journal of Arid Environments*. 62:363-376.

Njoku, E. (1958). The photoperiodic response of some Nigerian plants. *Journal of West African Science Association*. 4:99-111.

Novoa, S., Ceroni, A., Arellano, C. (2005). Contribución al conocimiento de la fenología del cactus *Neoraimondia arequipensis* subsp. *roseiflora* (Werdermann & Backeberg) Ostolaza (Cactaceae) en el valle del río Chillón, Lima-Perú. *Ecología Aplicada*. 4(1-2):35-40.

Ollerton, J., y Lack, A. (1998). Relationships between flowering phenology, plant size and reproductive success in *Lotus corniculatus* (Fabaceae). *Plant Ecology*. 139:35-47.

Ortega-Baes, P., y Godínez-Álvarez, H. (2010). Global diversity and conservation priorities in the Cactaceae. *Biodiversity and Conservation*. 15:817-827.

Petit, S. (2001). The reproductive phenology of three sympatric species of columnar cacti on Curacao. *Journal of Arid Environments*. 49:521-531.

Pilson, D. (2000). Herbivory and natural selection on flowering phenology in wild sunflower, *Helianthus annuus*. *Oecologia*. 122:72-82.

Sala, O., y Lauenroth, W. (1982). Small rainfall events: an ecological role in semiarid regions. *Oecologia*. 53:301-304.

Stephenson, A.G. (1981). Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 12:253-279.

Stiles, F.G. (1977). Coadapted competitors: the flowering seasons of hummingbird-pollinated plants in a tropical forest. *Science*. 198:1170-1178.

Wheelwright, N.T. (1985). Competition for dispersers, and the timing of flowering and fruiting in a guild of tropical trees. *Oikos*. 44:465-477.

Zepeda-Martínez, M.C., Mandujano, F.J. Mandujano, J.K. *et al.* (2013). What can the demography of *Astrophytum ornatum* tell us of its endangered status? *Journal of Arid Environments*. 88:244-249.

Agave espadín (*Agave striata* Zucc.), un posible recurso para las comunidades ixtleras de Nuevo León

Gretta Rebeca Núñez Guzmán,* Jorge Luis Hernández Piñero,* Alejandra Rocha Estrada,* Rahim Foroughbakhch Pournavab,* Sergio Moreno Limón*

DOI: <https://doi.org/10.29105/cienciauanl24.105-1>

RESUMEN

Los agaves son componentes de los matorrales; el *Agave lechuguilla* representa significancia económica y cultural constituyendo sustento para las familias, pero ha sido sobreexplotado, lo que hace necesario evaluar especies alternativas para el aprovechamiento. *Agave striata* podría ser ese recurso. Se realizaron muestreos dirigidos en cuatro localidades del estado. La mayor cantidad de plantas (351) se presentó en “La Popa”. Las plantas más altas (64.5 cm) en “La Bolsa”. El mayor número de hojas (848) en “La Presa”. La mayor longitud de las hojas en “La Bolsa”. Los ejemplares de Mina parecen más apropiados para realizar el aprovechamiento *A. striata*.

Palabras clave: agave, lechuguilla, espadín, ixtle, forestal.

Más de 50% de los hábitats de México se clasifican como zonas áridas y semiáridas, en las que la vegetación son los matorrales que representan ecosistemas de vital importancia. Son altamente productivos y muchas de sus especies han sido aprovechadas. En ellos, el género *Agave* posee gran importancia económica y cultural; sus especies se han utilizado como fuente de alimento, bebida y fibras (Agared, 2017). El aprovechamiento fibroso es particularmente importante para la zona noreste del país conocida como “zona ixtlera” que comprende 135,000 km² del semidesierto del norte de México, abarcando 36 municipios de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Zacatecas y San Luis Potosí (Sema, 2017).

En Nuevo León, 80% del territorio pertenece a las comunidades de matorral y en ellas un gran número de comuni-

ABSTRACT

Agave lechuguilla is an element of the bush scrub of economic and cultural significance to the inhabitants of the areas where this type of vegetation settles. The overexploitation of this resource makes it necessary to evaluate the use of alternative Agavaceae species for family sustenance in those regions. In this work we analyzed the use of *Agave striata* for this purpose. Sampling of individuals of this species was carried out in four localities of Nuevo Leon State in Mexico. The largest number of plants (351) was presented in “La Popa” location. The tallest plants (64.5 cm) were found in “La Bolsa”. The largest number of leaves (848) in “La Presa”. The longest length of the leaves in “La Bolsa”. It was found that specimens from “La Popa” seem more suitable for harvesting *A. striata*.

Keywords: Agave, Lechuguilla, Espadín, Ixtle, Forestal.

dades rurales se dedican a la explotación ixtlera, distribuidas en Dr. Arroyo, Mier y Noriega, Galeana, General Zaragoza, Mina, Aramberri, Iturbide, Rayones, García, Santiago y Santa Catarina, en los que 105 ejidos cuentan con permiso para la explotación, pero se sabe que aproximadamente 307 son los que la realizan (Sagarpa/Promercado, 2009; Sema 2017). La disminución en las poblaciones de lechuguilla ha obligado a los talladores a recolectar en sitios cada vez más lejanos y ha propiciado el aprovechamiento de ejemplares jóvenes, menores a 40 cm, lo que dificulta la regeneración natural, acelera la degradación del hábitat y representa una gran pérdida económica para los recolectores (Reyes-Agüero *et al.*, 2017).

*Universidad Autónoma de Nuevo León.
Contacto: sergio.moreno@uanl.mx

El espadín (*A. striata*), una de las 19 especies de agaves reportadas para Nuevo León, forma una roseta globosa de hasta 1 m de altura, compuesta por cientos de hojas muy estrechas y rígidas; según las condiciones climáticas, las hojas pueden variar del verde grisáceo hasta tonos rojizos, pueden ser rectas o ligeramente curvadas hacia arriba y van desde los 35-40 hasta los 60-80 cm de longitud. Presenta una amplia distribución en el estado y se reporta el uso de sus fibras para la fabricación de cepillos de fibra dura (Bravo-Marentes, 1999, Torres García *et al.*, 2019). Esta especie suele encontrarse en estrecha asociación con las comunidades de lechuguilla, por lo que su recolección no implicaría un desplazamiento excesivo de los talladores. Es también una de las pocas agaváceas no monocárpicas, lo que permite una reproducción más acelerada (Gentry, 1982).

Ampliar el conocimiento de especies con fines de explotación textil y fibrosa permitiría una rotación de recursos que liberen la presión de las poblaciones de especies sobreexplotadas, además de incrementar el número de recursos a los que se tenga acceso. Lo que promovería un aprovechamiento sustentable de los recursos y la conservación de la biodiversidad. Por lo anterior, se realizó una comparación morfoanatómica entre individuos de diferentes localidades (figura 1) dentro de la zona ixtlera de Nuevo León.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

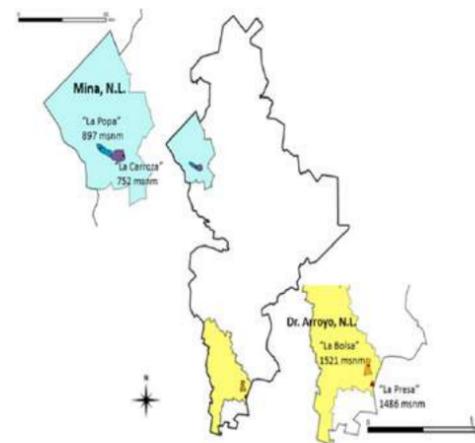


Figura 1. Sitios de muestreo (fuente: elaboración propia).

Se llevó a cabo en cuatro sitios pertenecientes a la región ixtlera del estado de Nuevo León. Los sitios denominados como “La Carroza” (LC) y “La Popa” (LP), en el municipio de Mina, entre las coordenadas 26.113379 N, -100.654498 W y 26.14958 N, -100.8154 W, respec-

tivamente. Los sitios de “La Bolsa” (LB) y “La Presa” (LPr) se localizan en el municipio de Dr. Arroyo, en las coordenadas 23.71737 N, -100.00152 W y 23.58756 N, -99.9711 W, respectivamente.

Los muestreos se realizaron en la primavera y verano de 2019, de manera dirigida, se seleccionaron sitios en los que se encontró *A. striata* y se establecieron parcelas circulares de 20 m de diámetro en cada una de las localidades. Los mencionados municipios fueron seleccionados debido a que éstos presentan condiciones climáticas distintas (tabla I), de igual forma, presentaban distintas altitudes (figura. 1).

Tabla I. Condiciones climatológicas de los municipios (Inegi, 2017).

	Mina, N.L.	Dr. Arroyo, N.L.
Clima (Köppen y Geiger)	BWh muy seco semicálido	BSh semiseco semicálido
Temperatura media anual	21.8° C	19° C
Temperatura máxima	40° C	30° C
Temperatura mínima	-5° C	-8° C
Precipitación	311 mm	476 mm

Determinación del tipo de vegetación y análisis de parámetros poblacionales

Para cada sitio se estableció una parcela circular de 20 m de diámetro, sumando en total cuatro sitios (dos en Dr. Arroyo (LB y LPr) y dos en Mina (LC y LP)). En cada sitio se determinó el tipo de vegetación con base en lo mencionado por Rojas-Mendoza (1965). Se analizaron las especies y asociaciones encontradas en cada uno y se cuantificó el número total de ejemplares de *A. striata*. Se determinaron los parámetros dasométricos de altura (cm) y cobertura (cm) para cada individuo, se cuantificó la cobertura total de las colonias (m) y su número total de integrantes.

Análisis morfométrico

En cada sitio se seleccionaron seis individuos para representar las variaciones morfológicas exhibidas por los ejemplares. En cada ejemplar se evaluó la altura, cobertura y número total de hojas, de cada uno se seleccionaron tres hojas de la

parte externa de la roseta, tres de la parte media y tres del cogollo. En cada una de las hojas se midió 1) longitud total de la hoja, 2) ancho de la base de la hoja, 3) ancho de la hoja en la porción central y 4) ancho de hoja en el ápice.

Análisis de datos

Para la evaluación de los parámetros morfométricos obtenidos de los seis individuos de cada sitio (24 ejemplares en total) se realizó un análisis estadístico de ANOVA y una comparación múltiple de medias por medio de la prueba de Tukey. Los análisis se llevaron a cabo en el programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) con un nivel de confianza de 0.05%.

RESULTADOS

Tipo de vegetación

El sitio "La Presa" presentó un tipo de vegetación correspondiente al matorral rosetófilo, destacando la presencia de *A. lechuguilla*, *A. striata* y *Hechtia glomerata*. Otras especies fueron *Ferrocactus pilosus*, *Dasyllirion berlandieri*, *Larrea tridentata*, *Euphorbia antisyphilitica*, *Echinocactus platyacanthus*, *Mimosa zygophylla*, *Mammillaria formosa*, *Neolloydia conoidea* y *Astrophytum myriostigma*, entre otras. Dentro de los límites establecidos para la unidad de muestreo se cuantificaron 98 ejemplares y se midieron 24 colonias, conformadas por un promedio de 3.6 individuos.

En "La Bolsa", el tipo de vegetación correspondió a matorral micrófilo y rosetófilo, las especies dominantes son *L. tridentata*, *Prosopis glandulosa*, *A. lechuguilla*, *H. glomerata* y *Yucca filifera*. Otras especies fueron *Opuntia engelmannii*, *Cylindropuntia leptocaulis*, *C. imbricata* y *Tillandsia recurvata*. Dentro de los límites establecidos se cuantificaron 56 individuos y se contaron ocho colonias conformadas por siete individuos.

En "La Carroza" se encontró una vegetación de matorral micrófilo cuyas especies dominantes son *L. tridentata* y *Fouquieria splendens*. Otras especies son *A. lechuguilla*, *H. texensis*, *Echinocactus horzonthalonius*, *Echinocereus*

stramineus, *O. microdasys*, *Jatropha dioica*, *A. scabra*, *Echinocereus pectinatus*, *Grusonia bulbispina*, *Coryphantha echinus*, *Epithelanta micromeris*, *Ibervillea tenuisecta*. Se contaron 136 individuos, distribuidos en diez colonias conformadas por 13.4 individuos en promedio.

Por último, en "la Popa", el tipo de vegetación se determinó como matorral rosetófilo, las especies dominantes fueron *A. lechuguilla*, *A. striata* y en menor medida *H. texensis*. Otras especies fueron *Echinocactus horzonthalonius*, *O. microdasys*, *Prosopis glandulosa*, *Vachellia rigidula*, *Astrophytum capricorne*, *Guaiacum angustifolium*, *Castela erecta*, *Flourensia cernua*. Se encontraron 351 individuos, el mayor número de ejemplares de todos los sitios y se contabilizó un total de 33 colonias con 10.6 individuos por colonia.

Parámetros morfométricos

Altura y número de hojas

Los valores promedio para estas mediciones se presentan en la tabla II. De acuerdo a los resultados del ANOVA se observó que en la Altura existe diferencia altamente significativa ($F:10.40, \alpha<0.01$) entre los individuos de las cuatro localidades; el análisis de Tukey agrupa a los ejemplares provenientes de LC y LPr y a los de las localidades de LP y LB en un grupo estadístico que muestra alturas medias muy similares a pesar de encontrarse en diferentes municipios. El Número de hojas por individuo mostró alta variabilidad, no sólo entre los individuos, sino también entre los sitios de ambos municipios. El análisis de ANOVA muestra que la media del número de hojas que presentan los individuos entre las localidades es significativamente diferente ($F: 52.47, \alpha < 0.01$), sin embargo, destaca el caso de la localidad de LPr en la que los ejemplares presentaron un mayor número de hojas (848.67). Esto concuerda con el análisis de Tukey en el que se determinó que LB, LC y LP forman un grupo estadístico homogéneo y LPr se ubica en su propio grupo estadístico.

Medidas de las hojas externas

Los valores promedio para estas mediciones se presentan en la tabla III. En la Longitud total, el ANOVA mostró diferencia significativa ($F:33.85, \alpha<0.01$) entre los ejemplares de las localidades, el análisis de Tukey sólo agrupa a los de LP y LB

dentro de un grupo estadístico homogéneo. Del mismo modo, el Ancho de la hoja en la base presentó diferencia significativa ($F:38.89, \alpha<0.01$) entre las localidades, sin embargo, la prueba de Tukey muestra que sólo la localidad de LPr se agrupa en un conjunto estadístico, mientras que la localidad de LB se encuentra dentro de dos grupos estadísticos, junto con LP y LC. El Ancho de la hoja en la parte media también mostró diferencia significativa ($F:50.02, \alpha<0.01$) entre las medidas de las localidades, y el análisis de Tukey mostró la formación de tres grupos estadísticos diferentes. Como era de esperarse, LP y LPr se encuentran cada uno en su propio grupo estadístico, mientras que las medidas más uniformes de LB y LC se ubican dentro de un mismo grupo. Finalmente, el Ancho de la hoja en el ápice también mostró diferencia significativa ($F:8.20, \alpha<0.01$) entre las medidas de las localidades según la prueba de ANOVA, en tanto que la prueba de Tukey señala que existen dos grupos estadísticos homogéneos, el primero formado por los ejemplares de LC y LP y el segundo por LPr y LB.

Medidas de las hojas medias

Los valores promedio para estas mediciones se presentan en la tabla III. Con base en los resultados del ANOVA para la Longitud total, se encontró que existe diferencia significativa ($F:30.36, \alpha<0.01$) entre las medidas de las localidades, mientras que la prueba de Tukey señala la formación de tres grupos estadísticos, agrupando sólo a las localidades de LB y LP. Del mismo modo, se encontró que el Ancho de la base arroja diferencia significativa ($F:28.95, \alpha<0.01$) entre las localidades, en tanto que la prueba de Tukey concentra en diferentes grupos estadísticos a las localidades de LC y LB y a las de LPr y LP. Para el Ancho de la hoja en su parte media el ANOVA mostró que existe diferencia significativa ($F:55.12, \alpha<0.01$) entre las medidas de los sitios de colecta, sin embargo, la prueba de Tukey agrupa los sitios de LC y LB dentro de un grupo estadístico homogéneo. Del mismo modo, para el Ancho de la hoja en el ápice el ANOVA arrojó diferencia significativa ($F: 14.62, \alpha < 0.01$) entre las medidas de las localidades, en tanto que la prueba de Tukey mostró que los datos pueden agruparse en tres grupos estadísticos diferentes: el primero formado por las comunidades de la LPr y LB, otro por la LB y LC y otro por LC y LP.

Tabla III. Valores promedio para las medidas de las hojas a diferentes niveles, evaluados en cuatro sitios de muestreo.

Parametros	Municipio/sitio			
	Mina		Dr. Arroyo	
	La Popa (LP)	La Carroza (LC)	La Bolsa (LB)	La Presa (LPr)
Medidas de las hojas externas				
Longitud total (cm)	58.92a	45.72b	62.24a	30.22c
Ancho de la hoja en la base (cm)	4.66a	4.05b	4.61ab	2.63c
Ancho de la hoja en la parte media (cm)	1.27a	0.95b	0.94b	0.63c
Ancho de la hoja en el ápice (cm)	0.50a	0.53 ^a	0.45b	0.33b
Mediadas de las hojas medias				
Longitud total (cm)	58.70a	45.3b	60.97a	30.35c
Ancho de la hoja en la base (cm)	4.53a	3.56b	4.10b	2.56c
Ancho de la hoja en la parte media (cm)	1.2a	0.85b	0.84b	0.61c
Ancho de la hoja en el ápice (cm)	0.49a	0.43ab	0.30bc	0.37c
Medidas de las hojas del cogollo				
Longitud total (cm)	54.52a	45.80b	57.25a	29.04c
Ancho de la hoja en la base (cm)	3.85a	2.85b	2.05c	2.28bc
Ancho de la hoja en la parte media (cm)	1.16a	0.78b	0.75c	0.60c
Ancho de la hoja en el ápice (cm)	0.47a	0.42ab	0.38b	0.26c

Tabla II. Valores promedio para los parámetros morfométricos evaluados en cuatro sitios de muestreo.

Parámetros	Municipio/sitio			
	Mina		Dr. Arroyo	
	La Popa (LP)	La Carroza (LC)	La Bolsa (LB)	La Presa (LPr)
Altura (cm)	60.83b	46.50 ^a	64.50b	43a
Número de hojas	108.17a	184.17a	173.33 ^a	848.67b

Medidas de las hojas del cogollo

Los valores promedio para estas mediciones se presentan en la tabla III. El ANOVA mostró diferencia significativa ($F:31.08$, $\alpha<0.01$) para la Longitud total de las hojas en las localidades, en tanto que el análisis de Tukey señala que los datos pueden agruparse en tres conjuntos estadísticos, resaltando aquél en el que se concentran juntas a las localidades de LP y LB. El Ancho de la base presentó diferencia significativa ($F:14.39$, $\alpha<0.01$) entre el ancho de las bases de las hojas entre las localidades, mientras que la prueba de Tukey señala que se agrupan en tres diferentes conjuntos estadísticos, uno compuesto por LPr y LB, otro por LPr y LC y otro más por LP únicamente. Para el Ancho de la hoja en su parte media los resultados del ANOVA mostraron diferencia significativa ($F:43.91$, $\alpha<0.01$) entre las medidas de las localidades, en tanto que la prueba de Tukey mostró que los datos pueden agruparse en tres grupos estadísticos, uno formado por las localidades de LB y LC y los otros dos por las localidades restantes. Finalmente, para el Ancho de la hoja en el ápice, el ANOVA muestra diferencia significativa ($F:43.03$, $\alpha<0.01$) entre las medidas de los ejemplares, mientras que la prueba de Tukey señala que se forman tres grupos estadísticos, uno conformado por LB y LC, otro por LP y LC y por último LPr.

DISCUSIÓN

En todos los casos, las pruebas estadísticas mostraron diferencia significativa en la morfometría de los individuos en los sitios de muestreo, los cuales difieren en condiciones climáticas y ambientales (tabla I). Se encontró diferencia significativa entre los individuos ubicados en el mismo municipio, es decir, entre LP y LC o entre LPr y LB. Al respecto, Abd El-Ghani *et al.* (2017) y Martínez-Burciaga *et al.*, (2011) mencionan que los factores del medio físico tienen un efecto directo en las características morfológicas, por lo tanto, las condiciones ambientales pueden determinar el potencial productivo de la especie y repercutir en las características de sus fibras. En este sentido, Sánchez-González *et al.* (2019) señalaron que la altitud era un factor importante en la variación morfológica de las especies de agaves generalistas, encontraron que para *A. lechuguilla*, la mayor variabilidad se presenta en el tamaño (ancho y largo) exhibido por las hojas y el tamaño de las espinas terminales, a mayor altitud éstos eran menores. En este trabajo se observó que *A. striata* también se comporta como una especie generalista, que al igual que *A. lechuguilla* presenta una amplia distribución y una mayor plasticidad morfológica según las condiciones en donde se desarrolle.

Los ejemplares que alcanzaron la mayor talla fueron los del sitio LB, en Dr. Arroyo, sin embargo, dicha localidad fue la que presentó el menor número de individuos y la menor media de hojas por individuo. También en este municipio, pero en el sitio LPr, se colectaron los ejemplares que presentaron el mayor número de hojas, sin embargo, éstos presentaron la menor talla y las menores medidas de hojas de todos los sitios muestreados.

Los ejemplares de los sitios en Mina presentaron menor altura que los que se localizaron en Dr. Arroyo, y estadísticamente los ejemplares encontrados en la localidad de LP en Mina, N.L., fueron los que mostraron la mayor longitud de hojas externas, medias y cogollo (características consideradas deseables para la explotación fibreira), además de ser la localidad en la que se encontró el mayor número de individuos por sitio y los que presentaron el mayor número de hojas, sin contar los individuos de LPr. La localidad LC, también encontrada en Mina, presentó el segundo mayor número de individuos, y casi siempre se encontró formando grupos estadísticos homogéneos en las pruebas de Tukey realizadas, lo que indica que presentan medidas similares a los de LP. Con base a lo anterior, los ejemplares encontrados en Mina parecen más apropiados para realizar el aprovechamiento fibreiro de *A. striata*, en particular aquéllos encontrados en localidad de la Popa.

Es importante mencionar que las personas que se dedican a la explotación de fibra de *Agave* son capaces de identificar individuos con características deseables para este aprovechamiento, pudiendo diferenciar en qué zonas y bajo qué condiciones pueden ser encontrados (Figueredo *et al.*, 2014), por lo que no se descarta que en otras zonas de Dr. Arroyo sea posible localizar ejemplares que exhiban tallas mayores.

Las hojas externas presentan los mayores valores y pueden ser extraídas fácilmente sin afectar el resto de la roseta, por lo que el aprovechamiento podría realizarse de manera sostenible, al no tener que hacer uso del cogollo de la planta, sin embargo, se requieren realizar estudios posteriores para la caracterización mecánica y anatómica de las fibras de las hojas de las diferentes posiciones de la roseta para determinar si la edad y lignificación determina la calidad final de las fibras.

Msahli *et al.* (2005), al evaluar las fibras de *Agave americana* para la industria textil, señalaron que el diámetro de la fibra, su dirección y tamaño del haz se relacionan directamente con la edad de la hoja y la posición de las fibras en la misma (basal, media o apical). Asimismo, Munawar y *et*

al., (2007) encontraron que el número total y las características finales de fibras se relacionan con el tamaño de la planta, edad, medida de sus tallos y hojas (diámetro, largo, altura, peso), lignificación de sus tejidos, etc., dependiendo de la parte de la planta de donde se extraigan las fibras.

CONCLUSIONES

El número de hojas presentadas por individuo parece ser la característica más variable entre las localidades muestreadas. Los individuos que presentaron la mayor longitud y mayor cantidad de hojas, para realizar el aprovechamiento de sus fibras, se encontraron en las localidades del municipio de Mina, en especial los provenientes de La Popa. Los datos parecen indicar que los individuos con las características morfológicas deseables para el aprovechamiento fibreiro se desarrollan en las zonas con altitudes menores. Factores como el tipo de vegetación, clima y altitud del sitio influyen directamente sobre parámetros como la talla, número y medida de las hojas y el número total de individuos encontrados en los sitios. Con base en la disponibilidad del recurso se considera una alternativa de aprovechamiento, sin embargo, se requieren más estudios para poder evaluar cuál es el factor que tiene la mayor influencia sobre las características morfológicas de los individuos de *Agave striata*, así como determinar la calidad de las fibras con base en estudios anatómicos y físicos de las fibras.

REFERENCIAS

Abd El-Ghani, M.M., Huerta-Martínez, F.M., Hongyan, L., *et al.* (Eds). *Plant Responses to Hyper arid Desert Environments*. Springer, Cham. Pp. 407-501.
 Agared. (2017). *Panorama del aprovechamiento de los agaves en México*. Disponible en: file:///C:/Users/Sergio/Desktop/panorama_digital_220817.pdf
 Bravo-Marentes, C. (1999). *Inventario nacional de especies vegetales y animales de uso artesanal*. Asociación Mexicana de Arte y Cultura Popular A.C. Bases de datos Snibconabio proyecto No. J002. México, D.F.
 Figueredo, C., Casas, A., Colunga-GarcíaMarín, P., *et al.* (2014). Morphological variation, management and domestication of 'maguey alto' (*Agave inaequidens*) and 'maguey manso' (*A. hookeri*) in Michoacán, México. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 10: 66.

Gentry, H.S. (1982). *Agaves of Continental North America*. Tucson, AZ. University of Arizona Press. Pp. 680.
 Inegi. (2017). *Anuario estadístico y geográfico de Nuevo León 2017*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. pp. 614.
 Martínez-Burciaga, O, Castillo-Quiroz, D, Mares-Arreola, O. (2011). *Caracterización y selección de sitios para plantaciones de lechuguilla (Agave lechuguilla Torr.) en el estado de Coahuila*. Centro Regional Noreste/SAGARPA/INIFAP. pp. 41.
 Msahli, S., Ydrean, J., Sakli, F. (2005). Evaluating the Fineness of *Agave americana* L. Fibers. *Textile Research Journal*. 75(7):540-543.
 Munawar, S., Umemura, K., Kawai, S. (2007). Characterization of the morphological, physical, and mechanical properties of seven nonwood plant fiber bundles. *Journal of Wood Science*. 53: 108.
 Reyes-Agüero, J.A., Aguirre-Rivera, J.R., Peña-Valdivia, C.B. (2017). Biología y aprovechamiento de *Agave lechuguilla* Torrey. *Botanical Sciences*. 88(67):75.
 Rojas,-Mendoza, P. (1965). *Generalidades sobre la vegetación del estado de Nuevo León y datos acerca de su flora*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F.
 Sagarpa. (2009). *Estudio orientado a identificar los mercados y canales de comercialización internacionales para la oferta de productos de ixtle con valor agregado*. Sagarpa. Programa Especial de Modernización de los Canales de Comercialización (PROMERCADO). 399 pp. Disponible en: <http://187.191.71.192/expediente/13899/mir/33129/anexo/913306>
 Sánchez-González, A., Octavio-Aguilar, P., Barrientos-Lozano, L., *et al.* (2019). Effect of elevation strata on morphological variation of two *Agave* species with different niche amplitude. *International Journal of Plant Sciences*. 180(8). <https://doi.org/10.1086/703577>
 Sema. 2017. Sistema Integral de Información Ambiental del Estado de Coahuila: sectores primarios. Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Coahuila (Sema).
 Torres-García, I., Rendón-Sandoval, F.J., Blancas, J., *et al.* (2019). El género *Agave* en los Sistemas Agroforestales de México. *Botanical Sciences*. 97(3):263-290.

Ortega y Soberón

In memoriam a dos paladines de la ciencia mexicana

HUGO ALBERTO BARRERA SALDAÑA *



Dr. Manuel Valerio Ortega Ortega



Dr. Guillermo Soberón Acevedo

Es parte de nuestra cultura que a las figuras públicas que parten de este mundo les hagamos guardia de honor junto a sus féretros y presentemos a sus familiares nuestras condolencias. Pero ¿qué hacer cuando fenómenos naturales nos arrebatan esa oportunidad? Como científicos que somos escribirles un ensayo, para confesar nuestra admiración y agradecimiento, a la vez que honramos su memoria.

*Universidad Autónoma de Nuevo León y Vitagénesis, S.A.
Contacto: habarrera@gmail.com

Hace poco más de dos años falleció el Dr. Manuel Valerio Ortega Ortega, y el temblor de entonces en la CDMX interfirió con el homenaje al que planeé asistir. Recientemente le siguió el Dr. Guillermo Soberón Acevedo, y la pandemia de la COVID-19 nos impidió despedirle de acuerdo a esas tradiciones. Cada uno representaba lo mejor de esos dos excelsos ambientes donde florece la investigación: el Cinvestav y la UNAM; como si se tratara de capitanes de equipos deportivos, competían para demostrar quién aportaba –por cada peso de financiamiento público– más valor a la ciencia en nuestro país. De ambas instituciones he sido profesor de cursos y colaborador de investigadores, y

ha sido como entretener “a melón y a sandía”.

Conocí al Dr. Ortega como beneficio colateral de la amistad que inicié y aún atesoro con Mireya de la Garza, esposa y asociada en su laboratorio del Cinvestav; amistad que inició por allá a finales de la década de 1970, cuando tuve la gran suerte de colarme al inolvidable curso de verano sobre genética microbiana que ella impartió en la Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL, mi *alma mater*, donde cursé la carrera de Biología y como la mitad de las asignaturas que llevan los químicos bacteriólogos parasitólogos, mejor conocidos como QBP, pues quería convertirme en bioquímico,

para lo que su curso para estos últimos me vino como “anillo al dedo”.

Quizá porque Mireya siempre ha impulsado a los jóvenes, de la mal llamada provincia, en sus aspiraciones de emprender una carrera científica, ella me abrió las puertas a ese mundo maravilloso de la ciencia del más alto rigor en México, que es el Cinvestav, presentándome con sus consagrados profesores, entre los cuales el Dr. Ortega (QBP por la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN y doctorado en el prestigioso Massachusetts Institute of Technology) sobresalía por sus famosas clases del metabolismo intermediario, dadas las cuantiosas rutas metabólicas que habría que



integrar y que él se sabía de memoria. También, por su habilidad sin igual como servidor público apoyando la ciencia y su descentralización.

Conocí a Guillermo Soberón Acevedo (médico por la UNAM y doctor en Bioquímica por la de Wisconsin) a mediados de la década de 1980, cuando regresé a México tras mis estudios de posgrado en el extranjero y me instalé en la Facultad de Medicina de la UANL. Como llegué justo un par de años después de la devaluación de 1982, mi urgencia por encontrar recursos crecía, pues sin éstos hacer ciencia de frontera en aquel rincón de la patria se convertía en un reto verdaderamente quijotesco. Pero gracias a otra amiga, Lydia Aguilar (con quien coincidí en la Universidad de Texas, en Houston, y quien a su regreso a nuestro país se incorporó a la Fundación Mexicana para la Salud), me enteré de las convocatorias de apoyo a la ciencia de esta singular Fundación. Misma que el Dr. Soberón había fundado y presidía en esa época, sometiendo propuestas con pocos resultados, pues dichos programas cambiaban cada rato, llegando un servidor a rebautizar a esta institución como la *Frustración Mexicana para la Salud*.

El Dr. Ortega me honró con su amistad. Promovió siempre mi carrera, me abrió innumerables puertas para ir tras los tan ansiados recursos para mis proyectos de investigación; tanto desde la Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológica de la SEP, como desde la Dirección del Conacyt, él me señalaba donde los hubiera; el pelear por ellos me tocaba a mí. Él y Mireya



me alojaban en su casa cada vez que viajaba a la CDMX en mi incansable cruzada en busca de fondos para investigar y requería de pernoctar. Tras una amena cena que departía con Mireya, seguía la sobremesa con él, compartiéndome sus vivencias en la política mexicana, como quien busca aconsejar a un hijo. Vino, música clásica y secretos incontables de hasta presidentes, desfilaban en esas inolvidables veladas.

Llegar al Dr. Soberón fue más difícil, pues entre su ciencia y la mía se interponían largas filas de políticos y empresarios; se trataba de un hombre de ciencia, cuyas intenciones por servir a la patria eran sinceras, sin embargo, una vez lograda su empatía, por la franqueza y sinceridad de nuestras intenciones, te tendía su mano para siempre, tal como lo hizo conmigo. Tres sucesos contribuyeron a ello: primero, los empresarios de Nuevo León socios de Funsalud me invitaron a ser su coordinador técnico. Segundo, tras la suerte de arrancar mi laboratorio con éxito en la UANL, me ubicó y siempre me invitaba como experto en Biología Molecular en los comités que integraba cada vez que arrancaba un proyecto, como fue el caso del Consorcio Promotor del Instituto Nacional de Medicina Genómica.

El tercer suceso, el cual creo fue el que acabó por convencerle para adoptarme como su protegido (a pesar de nunca haber tomado clases con él), se dio al enterarme, a través de mi amigo el Dr. Antonio Velázquez, que el Dr. Soberón vendría a una reunión en el Hospital Universitario de mi *alma mater*. Le pedí su

intercesión para entrevistarme con él, pero me aclaró que sería prácticamente imposible, debido a su apretada agenda. Acudí al evento y cuando noté que aquél se dirigía al baño, le seguí y en el mingitorio adjunto me presenté y le pedí que me recibiera en Funsalud en mi próximo viaje a la CDMX, a lo cual accedió.

Este incidente pensé que le pasaría inadvertido, pero un par de años después, cuando Julio Frenk, en su calidad de secretario de Salud vino al Hospital, le puso como condición a mi director que no me dejaran seguirlo al baño.

Tempranamente se me etiquetó como "necio" por mi empeño en desarrollar la investigación biomédica por mi cuenta y lejos de esos dos grandes templos de la biomedicina en México: el Departamento de Bioquímica del Cinvestav (del cual Ortega fue uno de sus fundadores), y el equivalente del ahora Instituto Nacional de Ciencias Médicas y de la Nutrición "Salvador Zubirán" (que el Dr. Soberón fundó). Y para acabarla de amolar, desarrollarla en donde aparte de que no había ni laboratorio, ni programa de posgrado, ni suficiente financiamiento, ni auxiliares entrenados, tampoco había figuras de la talla de estos paladines

de la ciencia para auxiliarme. Pero honestamente, es mi sentir que el que estos dos titanes impulsores de la investigación biomédica y médica en nuestro país, respectivamente, me adoptaran como su protegido, aconsejándome y abriéndome puertas, mucho pesó en el éxito de mi osada hazaña.

A Mireya y su hija Xóchitl ya les presenté mis condolencias; lo mismo hice con mi también amiga Gloria Soberón. Vaya este ensayo como tributo a esos dos paladines de la ciencia que partieron sin haber podido despedirles frente al vehículo a su última morada. Nunca les olvidaré.





CONSTRUYENDO MENTES CRÍTICAS Y DISCIPLINADAS.

Entrevista a la doctora Alejandra Quintanar Isaías

MARÍA JOSEFA SANTOS CORRAL*

Alejandra Quintanar Isaías es doctora en Ciencias Biológicas por la UAM, donde es profesora-investigadora titular del Departamento de Biología, en el área de Botánica Estructural y Sistemática Vegetal. En la UAM-Iztapalapa coordina el Laboratorio de Anatomía Funcional y Biomecánica de Plantas Vasculares. Sus investigaciones se centran en dos líneas: anatomía funcional del xilema y floema primarios y secundarios de órganos vegetales en el continuo suelo planta-atmósfera, e identificación de materiales orgánicos de origen vegetal, principalmente la madera, en contextos históricos y arqueológicos diversos. En estos temas la doctora ha publicado numerosos artículos científicos, de divulga-

ción, capítulos de libros y es coautora de dos obras. La doctora Quintanar tiene un extenso trabajo de vinculación y transferencia de conocimientos, que comienza con la asesoría a museos e instituciones de educación superior para la identificación de material orgánico, así como proyectos sobre el floema secundario de especies productoras de papel de corteza para instituciones gubernamentales. También ha colaborado con la Semarnat en la identificación de maderas ilegales. Por último, la doctora tiene una patente sobre un proceso limpio de ablandamiento de fibras de corteza para elaboración de papel amate.



*Universidad Nacional Autónoma de México.
Contacto: mjsantos@sociales.unam.mx

¿Cómo y cuándo decide comenzar una carrera como investigadora en Biología?

Mi carrera de investigación-docencia comienza desde muy joven. Crecí en una familia donde mi tío-padre era hematólogo inmunólogo y mi tía era química farmacobióloga. Ambos acababan de llegar de sus posgrados y tenían la tarea de desarrollar el Banco Central de Sangre del Centro Médico Nacional del IMSS. Mi casa tenía un gran jardín con patos, pollos, gansos, perros y plantas que mis hermanos y yo cuidábamos. Cuando estudiaba en la primaria Benito Juárez, en la Roma, mi tía pasaba por mis hermanos y por mí después de clase, porque mi mamá trabajaba en la tarde. El banco de sangre, donde nos llevaban después de la escuela, tenía microscopios y contadores de eritrocitos y leucocitos, entonces, para entretenernos, nos ponían a contar células de la sangre; desde los seis años. La vida en familia era escuchar sobre tecnología, ciencia y medicina.

Cuando llegué a la secundaria quería ser música, arquitecta y dibujar, porque pensaba que la ciencia, a pesar de que la entendía, no era para mí, a diferencia de uno de mis hermanos que desde los 3 años quería ser físico. Cuando pasé a nivel medio superior, como el calendario de la UNAM no coincidía con el de la SEP, ingresé a la Vocacional 6 del Instituto Politécnico Nacional (IPN), escuela especializada en ciencias biológicas. A esas alturas ya pensaba en estudiar Química como mi tía. Ella me ponía a regularizar a los hijos de sus compañeras de trabajo. En el tercer año, cuando había que escoger una especialidad entre la Química o la Agrobiología, decidí escoger la segunda, quería conocer otras opciones, lo que me encantó, pues conocí las ciencias agronómicas. Al terminar la vocacional me quedé en la carrera de Biología en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN, donde pasé los cinco años obligatorios. Ahí tuvimos la materia de Histología, con la profesora Alicia Carvajal, en la que revisamos la estructura interna de las plantas.

Mi experiencia resultó no sólo en ver las formas celulares y las funciones de diversos órganos vegetales, sino en encontrar el arte de las plantas. Estos patrones estructurales, una librería celular a la que te acercas en el microscopio, fueron fascinantes, de alguna forma me acercaron a la Arquitectura. Desde mis primeras clases de Histología decidí que podría tomar ese rumbo. Estando en el cuarto año entré a trabajar al Instituto Nacional de Investigacio-





nes Forestales (INIF) de la SARH, institución que fue muy importante pues atrajo cuadros de la Biología y la Botánica mexicana que trabajaron en el Inventario Nacional Forestal. En este proceso se concibió la colección de maderas más importante de México: la Xiloteca Nacional del INIF, cuya curadora fue la profesora Juana Huerta Crespo.

Esta colección científica fue empleada para la docencia, investigación y asesoría a industriales, a instituciones públicas, museos, etcétera. Yo llegué en 1980 y desde el primer día mi trabajo consistió en identificar maderas, bajo la supervisión de mi maestro don Vicente González, técnico de ese laboratorio. Todos los días durante cuatro años me dio mi clase de una hora. A él le debo lo que soy, la práctica la hice en el INIF con don Vicentito.



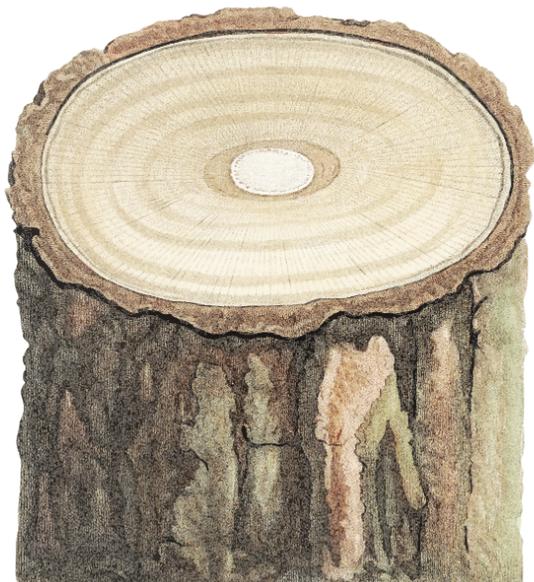
¿Cómo construye el camino y la conservación a la caracterización de los aspectos microestructurales de maderas arqueológicas?

Durante mi estancia en el INIF, cuando identificaba maderas llegaban madereros, laudereros, arqueólogos, gente del INAH. Los laudereros pedían asesoría para probar otras maderas para construir sus instrumentos, me decían “quiero que suene así”, llegaban con sus muestras y buscábamos maderas similares. Querían sustituir o probar maderas nuevas para las costillas de guitarras, brazos o para teclas de marimbas. Esas asesorías fueron el comienzo de un proceso de transferencia de conocimientos de ambos lados. Ahí, con mis grandes amigos laudereros, decidí estudiar la acústica de las maderas. En la UNAM hice mi maestría con el Dr. Miguel de Icaza Herrera, usando métodos de ultrasonido en las maderas, buscando caracterizar acústicamente varios taxones para fines de laudería.

En el INIF también conocí a arqueólogos de la ahora Dirección de Salvamento Arqueológico (INAH), que llevaban objetos prehispánicos de excavaciones para su identificación. Ya estando en la UAM, con mis amigos laudereros, llegamos a la Escuela Nacional de Conservación y Restauración (ENCRyM-INAH) para impartir una clase de maderas, para la carrera de restauración de instrumentos musicales. En la ENCRyM había maderas de diversos objetos del patrimonio cultural: retablos, marcos antiguos, textiles, pinturas sobre tabla, esculturas, que requerían identificarse. Trabajar con sus necesidades me permitió entender el valor de los objetos patrimoniales. También contribuí a fundar el taller de laudería, que era optativo para quienes estudiaban música, en la ahora Facultad de Música de la UNAM.

Con el tiempo dejé las clases de las dos escuelas, pero me seguían pidiendo identificaciones. En esa época comencé a participar dirigiendo tesis de licenciatura de restauración o de maestría con temas sobre identificación de material vegetal, o en proyectos de investigación asociados al patrimonio cultural que requerían de esta experiencia. Con un antecedente fuerte en los temas de la identificación como Botánica estructural, hemos participado en la solución e interpretación de la identidad de materiales en la Arqueología y en la Historia. Como ejemplo está la experiencia de la identificación de hojas de maíz encontradas en una ofrenda que pudo haber sido confundida con otro tipo de grupo botánico por haber estado asociada a una es-





estructura vegetal ajena al maíz. En este caso fue fundamental encontrar, en este material, que estaba muy deteriorado, tipos celulares característicos de una gramínea. Conocer sobre anatomía microscópica de las maderas y otros tejidos vegetales ha sido una experiencia fundamental para acercarme a la colaboración e interpretación del uso biocultural de los recursos vegetales como fuente del conocimiento tecnológico de los antiguos mexicanos, e incluso participar en procesos de la Arqueología experimental.

En la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, con la Dra. Carmen de la Paz Pérez Olvera y la maestra Silvia Rebollar Domínguez, construimos la Xiloteca de la UAM-I, que actualmente está asociada al Herbario UAMIZ.



¿Qué retos supone construir una red interdisciplinaria de trabajo con especialistas que en principio parecen estar tan distantes y con usuarios del conocimiento?

El reto es involucrar no sólo a las personas, también a la Universidad. Para hacer esto hemos pensado en consoldar ya sea un diplomado o una especialidad, para carpinteros, lauderos, restauradores y también biólogos que requieran estos conocimientos. En este sentido estoy convencida que la vinculación nos ha dado experiencia no sólo en la investigación, sino el trabajo cercano a diferentes sectores asociados con la madera, principalmente. A nosotros nos interesa que los usuarios de las maderas puedan contar con este entrenamiento. Ya hemos avanzado. Sabemos cómo empezar y queremos beneficiar a todo tipo de usuario, por ejemplo, becando a artesanos de comunidades indígenas para que tomen el diplomado. Esto sería una manera de sumar nuestros conocimientos a los que ellos ya tienen y nos comparten, por ejemplo, sus técnicas ancestrales. Esta formación llevaría a que los artesanos se apropiaran con mayor rapidez de conocimientos tecnológicos que, eventualmente, podrían ser muy útiles. Por ejemplo, los lauderos tienen saberes extraordinarios y aun así suelen consultarnos. En esas consultas tendríamos que extraer lo que les interesa de lo que sabemos. También estamos por diseñar una maestría en patrimonio cultural, bajo la premisa de que con la Botánica estructural se puede formar gente que se dedique al rescate del patrimonio cultural. Éste es el reto.



¿Cuál ha sido el proceso que la llevó a transferir sus conocimientos y qué papel juega en esta transferencia en el quehacer de su laboratorio de Anatomía Funcional y Biomecánica de Plantas Vasculares?

Para contestar esta pregunta voy a contarte dos historias de Arqueología experimental en las que hemos participado. La primera comienza cuando una restauradora me llamó para identificar el material de una canasta. Tomé una pequeña muestra y la llevé al laboratorio, donde hice los cortes y encontré que el cesto no estaba hecho ni con hojas ni con raíces, sino con un tipo de madera muy maleable. La cesta provenía de la cueva de la Candelaria en Cuatro Ciénegas, Coahuila. Estaba realizada con madera posiblemente de candelilla, pero al conseguir muestras y estudiarla la descarté. Con mi colega, la maestra Ana Teresa Jaramillo, decidimos ir al sitio de la cueva para buscar la planta. Encontramos la planta Sangre de Drago y la estudiamos, eran exactamente las estructuras de la madera de la canasta.

Los tallos que trajimos sirvieron también a la restauradora, Dra. Gloria Martha Sánchez Valenzuela, experta en textiles arqueológicos, fue quien reprodujo la técnica textil de las cestas en una suerte de Arqueología experimental, una historia tecnológica notable. Los objetos originales tienen un recubrimiento impermeable que los habitantes nómadas de la zona usaban para habilitar estos utensilios en la cocina y como contenedores de semillas y líquidos. Los nómadas pasaban el invierno en las cuevas de esta zona y el verano en bosques posiblemente de Durango, lo que supuso viajes con cargamentos en cestas de diversos tamaños. Conociendo la estructura y la fisiología de las plantas podemos entender los procesos bioculturales desde una perspectiva de redes de ciencias interconectadas.

La otra historia de arqueología experimental es la identificación del material soporte del Escudo Chimalli de Moctezuma, que se encuentra en el Museo Nacional de Historia. Fui invitada a tomar unas muestras del soporte y resultó que era otate (*Otatea* sp.). Esta identificación requirió comparar las muestras con tallos de bambús mexicanos conocidos, por lo que contacté a la Dra. Teresa Mejía Saulés, investigadora del Instituto de Ecología, A.C., en Xalapa, Veracruz. Con ella visitamos la finca de la





hermosa familia Pale, quienes nos proporcionaron varias cañas, allí mismo las procesamos y extrajimos varillas similares a las del escudo. De regreso verificamos ambas estructuras, la de la planta conocida y la del escudo. Con la participación un grupo de estudiantes, realizamos una reproducción del soporte que fue expuesto en la Exposición Nacional “Chimalli, Tesoro de Moctezuma”. La manufactura se realizó con varillas (más de 350) de los tallos y tejiéndolas desde el centro. Para ello la mamá de una estudiante, artesana de Oaxaca, nos orientó sobre cómo debía realizarse el tejido. En todo el proceso participamos 12 personas, nueve estudiantes y tres profesores trabajando mes y medio. Durante este proceso construimos un tejido social donde el objeto se volvió un intermediario que fomentó la interacción entre los participantes.

Lo anterior quedó evidenciado cuando las responsables de la exposición nos pidieron que no concluyésemos el escudo para que sirviera como un objeto didáctico para el público. El sentimiento que permeó entre nosotros fue de tristeza, pues el objeto se había convertido en una experiencia social muy profunda y lo que sentimos fue la ruptura inmediata del tejido social, es decir, el experimento no sólo reprodujo el objeto, sino la forma de organización, el tejido social y las necesidades que tenían quienes lo hacían y quienes lo usaban. Conocimos en carne propia el significado de la construcción biocultural, su continuidad y su destrucción en un tiempo muy breve. Nuestro colectivo se nombró Chimalli-UAM-I, lo que me parece importante porque el colectivo construyó armonías, felicidades y también propició situaciones desagradables que se tuvieron que dirimir.

Una tercera experiencia de colaboración de otra índole, fue la de caracterización de las maderas de los muebles de taracea oaxaqueña para el Museo Franz Mayer, donde participamos con investigadores del Instituto de Investigaciones Estéticas de la UNAM. Con estas historias puedo decir que la Botánica estructural no sólo es una ciencia de la Biología, sino que trasciende fronteras, acercándonos a las ciencias sociales donde podemos participar en la reinterpretación de objetos del patrimonio cultural.



¿Qué obstáculos ha encontrado en la transferencia de conocimientos?

Esta pregunta la puedo contestar a partir de mi experiencia con el papel amate que comenzó con el análisis de unos códices de la bóveda del Museo de Antropología y culminó con un proyecto de Fonart en la comunidad de San Pablito, en la Sierra Norte de Puebla. Este pueblo es el único que manufactura el papel de corteza. La parte del proyecto que nos correspondió fue hacer el papel de corteza (amate) con métodos limpios, para intentar sustituir la sosa cáustica que se usa en el ablandamiento de las fibras. Diseñé un método que comenzaba con la fermentación de la corteza de jonote colorado (*Trema micrantha*), que es la que usan para hacer el papel, e inventé unas máquinas de piedra basáltica para machacar las fibras y ablandar.

Usamos diversos fermentos de frutos para experimentar y algunas técnicas prehispánicas. El método funcionó y el papel que se obtenía olía a la fruta del fermento, ya sea cítricos o café. El problema fue lo que tardaba el proceso. Éste fue el primer reto de la transferencia pues, aunque pudimos hacer papel de corteza limpio, no teníamos tiempo ni dinero. Los artesanos viven al día y deben producir muchos pliegos para satisfacer la demanda, entonces, aunque se desarrollen procesos limpios siempre te enfrentas a las necesidades inmediatas de la gente. Puedes tener incluso la patente (que acabamos de obtener en el IMPI) y transferir el conocimiento, lo que hicimos a partir de cursos con todo y la máquina que llevamos para mostrarles el proceso, pero el problema es la escala. También el que fuéramos mujeres no ayudó, a pesar de que seguimos sus reglas, los hombres sólo se integraron hasta que vieron que sí salía el papel. Otro problema fue hacer las máquinas, con nuestros propios recursos económicos no podíamos hacer la inversión para todos.



Un problema de la transferencia es identificar el conocimiento de valor, es decir, qué es significativo para la gente, qué quieren saber de los investigadores. Otro reto es hacer que los estudiantes se conviertan en intérpretes de los datos biológicos y puedan llegar a vincularse con otros grupos. Hacer diagnósticos y enseñarles a hacer diagnósticos. Ejemplo de lo anterior fue un trabajo que hice hace años para las aduanas, les dimos un curso a los inspectores para identificar las especies de maderas ilegales. La Semarnat, a través de la Conabio, logró, con el trabajo interdisciplinario





en el que tuve la oportunidad de participar, proteger las especies maderables de *Dalbergia* vulnerables, en diferentes categorías de riesgo, en la NOM-059. Esa colaboración es transferencia.

¿Qué le ha dado la UAM a la doctora Quintanar y usted qué piensa que le ha dado a la UAM?

La UAM me cambió la vida, me permitió crecer como docente que para mí significa vincular la investigación con los jóvenes. En mi asignatura tratamos de interpretar la forma y la función de los tejidos vegetales, y con ello transmitir a los estudiantes visiones integrales de los fenómenos biológicos, esto es difícil actualmente porque casi han eliminado de los planes de estudio de la Licenciatura de Biología, las asignaturas formales como la Física o las Matemáticas. La UAM somos todos, profesores, estudiantes, administrativos y todos participamos en la construcción de nuestra comunidad uamera. El laboratorio ha formado mucha gente. También me ha dado la oportunidad de colaborar y discutir con mis colegas.

Yo creo que a la UAM le he dejado el esfuerzo de construir mentes críticas y disciplinadas. Como parte de esta idea de formar gente de campo, logré con mis propios recursos fundar una estación biológica que se encuentra en Valle de Vázquez, municipio de Tlaquiltenango, Morelos, para darles a los estudiantes la oportunidad de tener la experiencia del trabajo de campo.



¿Quieres anunciarte con nosotros?, tenemos un espacio para ti

Si deseas promover tu negocio, tu marca o tus servicios, y hacer que investigadores, profesores y alumnos universitarios te tengan presente, te invitamos a formar parte de **CIENCIA UANL**, una publicación de circulación nacional con más de 20 años de historia.

Para mayores informes comunícate con nosotros al tel. (81) 8329-4236, o bien al correo revista.ciencia@uanl.mx



SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

DI DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN





Los eventos catastróficos promovidos por el cambio climático –producto de las actividades productivas y transformadoras del ser humano– han conllevado la pertinente necesidad –en el entorno internacional– de generar compromisos y acuerdos con la finalidad de restituir las condiciones climáticas idóneas en las que sea ostensible la disminución de los gases de efecto invernadero, y que promueva un desarrollo sustentable.

En este marco, los expertos han señalado que la opción predominante es la utilización de energías renovables, y se aspira que para 2050 ésta sustituya más de 50% de la energía proveniente de las fuentes de carbono (Moreno, 2013). En este sentido, comenta la Secretaría de Energía de México (2012:19) que:

En 2010, de acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés), la oferta total de energía primaria en el mundo fue de 12,717 millones de toneladas equivalentes de petróleo, de las cuales se produjo 13.0% a partir de fuentes renovables de energía (incluyendo las grandes centrales hidroeléctricas).

LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL MARCO DE LA SUSTENTABILIDAD

PEDRO CÉSAR CANTÚ-MARTÍNEZ*

De esta manera se pone en evidencia que la vía para aminorar la dependencia existente de las fuentes de petróleo en el mundo, debe proceder de las diversas fuentes de energías renovables. Por ejemplo, en México, la energía producida por los hidrocarburos sigue concurriendo como la principal fuente, y contribuye en 88.6% (Ovando *et al.*, 2013).

El potencial y la capacidad que subsiste mundialmente en materia de energías renovables demandan una reforma energética pronta, ya que las problemáticas ambientales, económicas y sociales que se ciernen sobre todo el mundo cada vez son más frecuentes, y el sector energético ha sido uno de los promotores principales de estas eventualidades. En este marco abordaremos la relevancia que ostentan las energías renovables para asirnos de un desarrollo sustentable, que permita el progreso de la sociedad humana en armonía con el entorno natural.

* Universidad Autónoma de Nuevo León.
Contacto: cantup@hotmail.com

ANTECEDENTES DE LA PROBLEMÁTICA ENERGÉTICA

De acuerdo con Estrada (2013), uno de los factores que ha promovido que se exacerbén las problemáticas ambientales generadas por la producción de energía es el crecimiento poblacional, cuya vinculación proviene de la demanda de energía. Y aduce también que “las fuentes primarias de energía que dominan en el mundo son los hidrocarburos y corresponden a 81.2% de toda la energía primaria producida y consumida” (p. 75).

Por otra parte, este mismo autor comenta que de acuerdo con la

Administración de Información sobre Energía de los EUA (EIA), en su escenario de referencia, la demanda mundial de petróleo evolucionará de 87 millones de barriles al día en 2011 a 119 millones de barriles diarios en 2040, es decir, se incrementará un 36% más en ese periodo (Estrada 2013:75).

Mientras tanto, REPSOL (2019), en su *Anuario Estadístico-Energético 2019*, proporciona las cifras mundiales de emisiones totales –en millones de toneladas– de bióxido de carbono durante el periodo de 2009 a 2018, en la que se transita de una emisión de 28,320 a 32,916. Desde esta perspectiva, el impacto al ambiente es enorme, degradando los recursos naturales conjuntamente con el clima. De esta forma las actuales fuentes de energía acostumbradas –petróleo, gas natural y carbón– han promovido una dependencia y agravamiento continuo de las condiciones socioambientales, desde la advertencia que se externó en la reunión mundial de Estocolmo en 1972 (Cantú-Martínez, 2015).

En este contexto podemos advertir que las economías actuales y los estilos de vida que se despliegan, demandan enormes cantidades de energía cada vez más crecientes. Es así que se puede vaticinar que la forma de contar con una sustentabilidad adecuada ambientalmente deberá ser a través del empleo de energías renovables. Porque lo que nos debe impulsar a la utilización de estas energías renovables es la contribución que harían a la disminución global de los gases de invernadero, recordemos que muchos de los efectos nocivos por el uso actual de combustibles fósiles se ciernen en lugares distantes –a la fuente de emisión–, inclusive en otros continentes.

En tanto, el interés actual por el uso de energías renovables es muy bajo por la sociedad, y las circunstancias actuales que emanan del cambio climático han promovido que un pequeño sector de la sociedad ponga atención de nueva cuenta sobre la pertinente transición técnica e institucional para impulsar la energía renovable. Porque como bien sabemos, el gasto de energía va en aumento y es necesario para gran parte de las actividades productivas y cotidianas que realizamos, lo cual convierte la energía en un impulso para el progreso social y económico para todo ser humano.

De esta manera la reforma energética a nivel mundial puede contribuir rápidamente a reducir los gases de efecto invernadero, y abatir los esquemas de producción actual que se sostienen en el empleo de combustibles fósiles.



¿CÓMO SE CATALOGA LA ENERGÍA?

Las energías con la cuales se dispone actualmente pueden catalogarse en una primera instancia como de carácter renovable y no renovable (Schallenberg *et al.*, 2008). Esto está determinado por la capacidad que exhiben de poder regenerarse o no una vez utilizadas. En el caso de las no renovables tenemos primeramente la energía proveniente de combustibles fósiles como el carbón, petróleo y gas natural, y enseguida está aquella que emana de la fusión y fisión nuclear. En cambio, las renovables tienen una característica distintiva y es que se pueden restablecer una vez utilizadas. Entre éstas contamos con la energía solar, eólica, hidráulica, la proveniente de las corrientes marinas, la bioenergía y finalmente la geotermia.

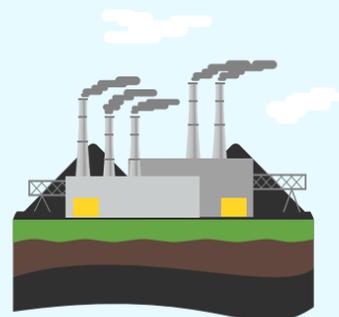
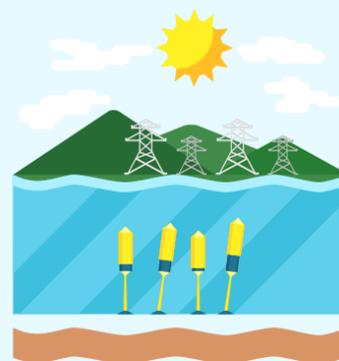
Otra clasificación es la que se da al considerar las fuentes de donde se extraen. Así encontramos las denominadas primarias, cuya particularidad es que se obtienen de forma directa de la naturaleza, como las ya mencionadas como renovables y no renovables. La otra clasificación corresponde a las secundarias, cuya peculiaridad es que son obtenidas a partir de la transformación de las fuentes primarias. Entre éstas contamos con el diésel, gasolina, la electricidad, entre otras. Asimismo, existen otras formas de diferenciarse, como limpias y contaminantes, o bien, convencionales y no convencionales.

PERSPECTIVA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

Suárez (2010:3-4) comenta sobre las energías renovables que éstas a

diferencia de los combustibles fósiles convencionales y del combustible nuclear, las fuentes primarias como la radiación solar que incide sobre la superficie del planeta, los vientos, la biomasa, el vapor de agua natural asociado a procesos geotérmicos, el caudal de los ríos y las corrientes oceánicas, desde el punto de vista económico se pueden considerar como un ingreso, en la medida en que se estén renovando en forma permanente, compensando totalmente el consumo que de ellos se realice.

De esta manera las energías renovables se constituyen en elementos que permitirían por el momento una diversificación de las fuentes de energía y por otra parte cada vez más su uso conllevaría a reducir la dependencia que tenemos de los combustibles fósiles. Por ejemplo, la energía eólica, de acuerdo con Jaramillo y Borjas (2010: 18), su uso “se remonta al año 3,500 antes de nuestra era, cuando los sumerios armaron las primeras embarcaciones de vela”. En la actualidad representa en muchas zonas del mundo un potencial de carácter extraordinario para la generación de energía mediante el viento. En México esto subsiste principalmente en Oaxaca, Baja California, en toda la Península de Yucatán, y en otros estados como Sinaloa, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Tamaulipas y Veracruz (Ovando *et al.*, 2013).



Por otra parte, el uso de la energía solar cuenta con registros que proceden de “los antiguos griegos, romanos y chinos. Estos pueblos conocían el arte de prender fuego utilizando lentes y espejos quemantes” (Aranbibia y Best, 2010:10). Hoy en día sólo se aprovecha una ínfima cantidad, y esto ofrece una gran oportunidad para funciones de carácter fototérmico y fotovoltaica en todo el mundo, donde indistintamente de la forma de empleo y el costo de implementación de su infraestructura, es económicamente muy rentable (Guzmán-Hernández, *et al.*, 2016). Principalmente su uso ha estado enfocado a la electrificación de comunidades rurales y consumidores residenciales. Todo México cuenta con un gran potencial para el uso de la energía solar.

La energía geotérmica es aquella que se caracteriza por ser producida por el calor que emana de la corteza terrestre. De esta manera el calor contenido bajo la superficie terrestre se transfiere de forma progresiva a la superficie, y con ello se forma un flujo ascendente de energía calorífica que finalmente se desvanece en el aire. De acuerdo con Santoyo y Barragán-Reyes (2010:42), se catalogan

en forma general, con base en la temperatura del fluido endógeno que se extrae, o del fluido que se inyecta para la extracción de calor de la roca. Cuando la temperatura del fluido es mayor de 200 grados centígrados, se le considera un recurso de alta entalpía (o alto contenido energético), ideal para la producción de electricidad con sistemas convencionales de generación. Si las temperaturas del fluido están en el intervalo de 100 a 200 grados centígrados, o

bien son menores de 100 grados centígrados, se les denomina sistema de mediana o baja entalpía, respectivamente.

En México se cuenta con distintos sitios geotérmicos distribuidos en Baja California, Baja California Sur, Jalisco, Michoacán y Puebla (Ovando *et al.*, 2013).

La energía que promueve el agua, se tiene antecedente de ella “desde la Grecia antigua [cuando] han utilizado molinos de agua para moler trigo y hacer harina. Localizados en los ríos, los molinos de agua recogen el agua en movimiento en cubos situados alrededor del molino” (National Geographic, 2010, párr. 2). Sin embargo, en la actualidad el mayor aprovechamiento proviene de la hidroelectricidad. Ésta es generada principalmente en centrales hidroeléctricas donde se transfiere la fuerza de las corrientes de aguas superficiales para producir energía eléctrica (Reed, Trelles e Hirirart, 2010). En todo el mundo existe este tipo de infraestructura y en México se encuentran en Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Sinaloa, Tamaulipas y Veracruz (Palacios, 2017).

Con la evidencia antes comentada es bastante nítido que en el futuro estaremos empleando las energías renovables para encaminarnos a un mejor desarrollo sustentable. Por lo cual es pertinente que en las distintas estructuras administrativas de los países en el mundo, comience una transición energética que impulse las tecnologías menos contaminantes.

CONSIDERACIONES FINALES

El uso de las energías renovables cuenta con muchos beneficios, entre ellos se puede indicar que son recursos ilimitados y aunque conducen también relevantes impactos al entorno, éstos serán mucho menores a los actuales que están promoviendo el cambio climático. Sin duda, ahora subsiste tecnología para su aprovechamiento, algunas ya consolidadas y otras continúan investigándose. Sin embargo, las energías renovables se han constituido en opciones sumamente prudentes, con la finalidad de aspirar a una sustentabilidad, donde tanto las instituciones gubernamentales, privadas y académicas deben trabajar de manera mancomunada para cristalizar estos proyectos potenciales, ya que la generación de energía proveniente de las fuentes renovables cuenta con una alta capacidad potencial, que coadyuvaría a mejorar las condiciones del ambiente.

REFERENCIAS

- Arancibia, C., y Best, R. (2010). Energía del sol. *Ciencia*. Abril-junio. 10-17.
- Cantú-Martínez, P.C. (2015). Ascenso del desarrollo sustentable. De Estocolmo a Río +20 *Ciencia UANL*. 18(75):33-39.
- Estrada, C.A. (2013). Transición energética, energías renovables y energía solar de potencia. *Revista Mexicana de Física*. 59(2):75-84.
- Guzmán-Hernández, T., Araya-Rodríguez, F., Castro-Badilla, G., et al. (2016). Uso de la energía solar en sistemas de producción agropecuaria: producción más limpia y eficiencia energética. *Tecnología en Marcha. Encuentro de Investigación y Extensión*. 46-56.
- Jaramillo, O.A., y Borjas, M.A. (2010). Energía del viento. *Ciencia*. Abril-junio. 18-29.
- Moreno, T. (2013). Editorial-Asociación Nacional de Energía Solar. *Revista de Energía Renovables*. 18(1).
- National Geographic. (2010). *Energía hidroeléctrica*. Disponible en: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/energia-hidroelectrica>
- Ovando, J.C., Román, R., Martínez, M., et al. (2013). Potencial y Aprovechamiento Actual de las Energías Renovables en México. *Revista de Energía Renovables*. 18:2-4.
- Palacios, A.A. (Ed.) (2017). *Bases para un Centro Mexicano en Innovación de Energía Hidroeléctrica, Cemie-Hidrolera Parte: infraestructura hidroeléctrica actual*. México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Reed, S.P., Trelles, S.A., e Hirirart, G. (2010). Energía del agua. *Ciencia*. Abril-junio. 52-61.
- REPSOL (2019). *Anuario Estadístico-energético 2019*. Madrid. REPSOL-Dirección de Estudios.
- Santoyo, E., y Barragán-Reyes, R.M. (2010). Energía geotérmica. *Ciencia*. Abril-junio. 40-51.
- Schallenberg, J.C., Piernavieja, G., Hernández, R., et al. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética. España*. Instituto Tecnológico de Canarias, S.A.
- Secretaría de Energía de México. (2012). *Prospectiva de energías renovables 2012-2026*. México. Sener-México.
- Suárez, R. (2010). Perspectivas sobre las energías alternativas. *Revista de la Sociedad Científica del Paraguay*. 15(2):115-135.

IMAGINARIA

La revista *CIENCIA UANL* te invita a publicar tus cuentos de ciencia ficción, dibujos, poemas, cómics o fotografías en la sección Imaginaria, un espacio dedicado a las muestras artísticas.

Si estás interesado, manda un correo a esta dirección revista.ciencia@uanl.mx para mayor información



SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

DI DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN



Que levante la mano aquella persona a la que nunca la han regañado por dejar todas las cosas regadas, porque siempre le enseñaron a recoger cuando terminara de jugar o hacer sus deberes. Tal vez sean pocos los que se han salvado, pero ¿qué pensarías si te dijera que recoger el tiradero no siempre es lo mejor (calma, no empieces a gritar de gusto). Claro, lo que te voy a contar no tiene que ver con el cuarto, la casa o el lugar de trabajo de alguien en especial, más bien se trata de los bosques, ah caray, cómo dijo que dijo.

Pues sí, se trata de un equipo de ecólogos forestales que ha pedido a los gobiernos de los países de Europa central “un cambio radical” en la estrategia que actualmente siguen para manejar los bosques tras eventos de mortalidad del arbolado, como los incendios, las tormentas o las sequías extremas.

En una carta publicada en la revista *Science*, los especialistas defienden que retirar la madera muerta y la reforestación a gran escala no es la estrategia correcta. Aunque siempre se nos enseñó que es mejor retirar la madera muerta y reforestar, los investigadores advierten que una “limpieza” a gran escala en el bosque ha demostrado tener efectos negativos considerables en la diversidad de insectos que dependen de los desechos.

Las perturbaciones naturales como las tormentas, los brotes de escarabajos y la sequía crean huecos en los bosques, lo que permite el crecimiento de una amplia variedad de especies de árboles nativos. Según los científicos, esta diversidad aumenta la resistencia a los fenómenos meteorológicos extremos. Por el contrario, la reforestación rápida conduce a grupos densos de árboles de la misma edad, que son altamente susceptibles a los fenómenos meteorológicos, los incendios y las plagas.



Así que ni te emociones pensando en que ya no vas a recoger tu habitación, y más bien, presta atención a los bosques, porque no sólo nos proveen oxígeno y madera, sino también medicamentos para humanos y para plantas, como un nuevo antibiótico, denominado fazolicina, que evita que bacterias patógenas entren en los sistemas de raíces de la planta de frijol y la mantiene robusta. Este hallazgo también podría tener aplicación en otras legumbres de interés agrario.

Según científicos de Estados Unidos, Rusia y Francia, la línea de investigación abierta podría conducir a lograr “plantas probióticas”, plantas más robustas y otros antibióticos. Como ya hemos visto, los probióticos son microorganismos vivos conocidos por ser beneficiosos para la salud de los humanos, pero también pueden ser positivos para las plantas,

manteniéndolas saludables y más “gorditas”.

La bacteria que produce fazolicina es una especie no identificada de *Rhizobium*, que se encontró en un bosque tropical en Los Tuxtlas, México, en el suelo y las raíces de frijoles silvestres llamados *Phaseolus vulgaris*. Al igual que otros *Rhizobia*, el productor de fazolicina forma nódulos en las raíces de las plantas del frijol y les proporciona nitrógeno, lo que las hace crecer más y mejor. A diferencia de otros, éste también defiende a las plantas de las bacterias dañinas. Así, el descubrimiento podría tener aplicación no sólo en frijoles, también en guisantes, garbanzos, lentejas, maní, soja y otras legumbres, todo un caballero andante.



Y ya que andamos en eso de recoger la basura, ¿cuántas veces has gritado “Eso no me lo tires” cuando ves algo valioso entre lo que llevaba tu mamá rumbo al bote de basura?, seguramente más de una. O algo no

tan valioso como el viejo celular que ya no prende y aún lo quieres porque es lo único que te quedó del tóxico o la tóxica (lo sé, justo en el cora).

Pues déjame decirte que sí, ese celular puede ser un tesoro, pero no por lo que te recuerda sino por lo que pudiera tener dentro. Te explico, el rápido desarrollo y consumo de la tecnología ha permitido que su producción sea más económica y de fácil acceso, esto como consecuencia del modelo socioeconómico de crecimiento ilimitado y obsolescencia programada que traen los avances científicos de la sociedad contemporánea.

Estos cambios acelerados han creado en los humanos un deseo compulsivo de uso que es alimentado por tendencias que invitan a reemplazar los modelos anteriores, dejando a su paso gran cantidad de basura eléctrica y electrónica que afecta la calidad del suelo, el aire y el agua.

Preocupadas por la recuperación de metales preciosos, como el oro y el neodimio, en computadores y equipos celulares depositados en centros de reciclaje de la ciudad, profesoras de la Universidad de Antioquia (Colombia), orientaron la investigación con quienes desarrollaron procesos químicos de lixiviación selectiva con iones persulfato y ferrato para extraer oro y neodimio de las tarjetas de circuito impreso, procesadores y discos duros de los computadores desechados, aplicando procesos menos contaminantes y favorables para el medio ambiente.

Para las doctoras, ésta es una opción a la extracción de oro de la basura electrónica, separando los com-

ponentes de cada pieza sin afectar al medio ambiente. En la extracción del oro, por ejemplo, “pasa que algunas piezas de dispositivos electrónicos tienen capas muy pequeñas. Lo que se hace es someter esas piezas a procesos químicos, dejando que actúen entre la capa de oro y la base de este material electrónico. La atacamos un poco, las dejamos ahí y esa capa se desprende”.

No sólo se extrae oro, también otro material conocido como neodimio, un elemento de tierras raras, que no resulta familiar cuando se nombra, pero que es estratégico para la mayoría de los desarrollos computacionales (altamente usado en discos duros) y la producción de motores de turbinas de viento de energías verdes o de automóviles.

El neodimio se utiliza como imán permanente de alto poder y su aplicación en proyectos tecnológicos no supera una pulgada. Según las especialistas, “el neodimio en el país no se ha encontrado reportado en los yacimientos de recursos no renovables. Estamos en una sociedad en la que hay computadores y una gran variedad de dispositivos electrónicos que tienen este elemento, el cual creemos que es necesario rescatar y mejor si se hace con un reactivo que sea de bajo impacto ambiental, como lo hace nuestra propuesta”.



Sin duda alguna esto es muy importante para ayudar a nuestro medio ambiente, que cada vez se ve más y más sobrecargado con todo lo que le exigimos. Al respecto, un estudio sobre las contribuciones de los ecosistemas a la humanidad refleja que la capacidad de la naturaleza para satisfacer las necesidades de la gente está disminuyendo. El informe indica que probablemente dentro de 30 años, más de 5,000 millones de personas –en la actualidad viven 7,600 millones– sufrirán inseguridad alimentaria, contaminación del agua y aumento de tormentas costeras (un panorama alarmante).

La naturaleza aporta recursos que satisfacen numerosas necesidades básicas del ser humano, como los servicios de los ecosistemas, que nos aseguran agua limpia o alimentación. Sin embargo, el creciente impacto mundial en el medio ambiente ha provocado una disminución en la productividad de estos sistemas. Por eso, la Plataforma Intergubernamental de Políticas Científicas en Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (IPBES, por sus siglas en inglés), ha elaborado un informe para determinar cuán importante es la naturaleza para los seres humanos y quiénes corren más peligro si dejan de cuidarla.

Los resultados confirman que los países en desarrollo de África y Asia meridional serán los más afectados por estos impactos. Además concluyeron que en el futuro sufriremos la inseguridad alimentaria relacionada con la deficiente polinización de los cultivos, la escasez de agua limpia y el aumento de tormentas costeras severas provocadas por la erosión y las inundaciones.



Aprendamos a cuidar nuestro entorno, sobre todo el campo que tan beneficioso es para nuestra vida. Como esta nota que te voy a compartir, la cual trata de gallinas, sí, como lo lees, de gallinas, pero no de esas que están encerradas y drogadas para producir y producir. No. Se trata de gallinas criollas cuyo potencial genético es estudiado por un Grupo de Investigación en Genética Animal (GIGA), de la Universidad Nacional de Colombia (UNAL) para establecer la diversidad que existe en aquel país.

Estudiantes de posgrado y pregrado se han acercado a las comunidades indígenas y campesinas, convertidas en las guardianas de estos animales, cuyo nombre científico es *Gallus domesticus* y que hoy se ven amenazados por la invasión de las líneas comerciales en la producción avícola.

No me lo vas a creer, pero es verdad, los huevos de las gallinas criollas se caracterizan porque son azules, verdes y marrones, lo que evidencia la presencia de pollos precolombinos en las Américas. Estas características especiales de los huevos fueron el punto de partida para que los especialistas se preguntaran si en su composición también poseían atributos que los pudieran hacer atractivos.

A partir de ahí se analizó el perfil de ácidos grasos de la yema de los

huevos de estas gallinas, que suelen mantenerse libres y con una alimentación en la que las comunidades campesinas incluyen sobras de cocina, maíz, col, papa, plátano y, en raras ocasiones, concentrado.

En el perfil de ácidos grasos se obtuvo un contenido más elevado de omega 3 –ácido linolénico (ALA), ácido docosapentaenoico (DPA), ácido docosahexaenoico (DHA) y ácido araquidónico (ARA), entre otros— para los huevos de gallina criolla. Estos ácidos son esenciales para la salud y la nutrición, ya que como el cuerpo humano no puede sintetizarlos, es necesario mantener una fuente de estos por medio de la alimentación.

Por esta razón, los huevos de gallina criolla se podrían considerar como un alimento funcional, ya que contribuirían a la seguridad alimentaria no sólo de las familias campesinas e indígenas, sino de los consumidores en general. Así se comprobó que, frente a las gallinas comerciales, las gallinas felices tienen una mejor eficiencia y contenido más elevado de ácidos grasos omega 3, no sólo en la yema de sus huevos, sino también en la carne, aunque esto último no fue verificado en el estudio.



Y si de animales que puedan ayudar al medio ambiente hablamos, ahora déjame contarte que una nue-

va investigación de la Universidad de Aarhus muestra que las hormigas inhiben al menos 14 enfermedades vegetales distintas (nee, a poco sí). Pues sí, estos pequeños insectos segregan antibióticos desde sus glándulas, además albergan en sus patas y cuerpo colonias de bacterias que a su vez también segregan antibióticos. Son probablemente estas sustancias las que inhiben una serie de enfermedades, y los investigadores esperan ahora encontrar pesticidas biológicos que puedan luchar contra enfermedades resistentes en las plantas.

Las hormigas viven muy juntas en sus hormigueros y por tanto están muy expuestas a la propagación de infecciones. Pero tienen su propia medicación contra las enfermedades. Por un lado, cuidan mucho la higiene, y por otro, pueden curarse y tratarse entre sí con antibióticos producidos por ellas mismas. Investigaciones previas han mostrado que cuando se lleva hormigas rojas de la madera (*Formica rufa*) a una plantación de manzanos se reduce la aparición de dos enfermedades que afectan a este árbol. Esto propició que los investigadores revisaran la bibliografía científica al respecto, donde hallaron evidencias de que las hormigas pueden inhibir al menos 14 tipos diferentes de enfermedades de las plantas.

Aún no se sabe cómo lo hacen, pero sí se sabe que las hormigas segregan feromonas por donde pasan, en las plantas, para encontrar su camino, y algunas de ellas poseen propiedades antibióticas. El efecto sanador sobre las enfermedades vegetales podría ser debido a estas feromonas. Los investigadores creen que las hormigas y sus antibióticos podrían ser

utilizados, así como te lo imaginas, en el futuro en la agricultura en lugar de los potentes y dañinos pesticidas.



Sabes que eso me parece genial, que la misma naturaleza nos enseña tantas y tantas cosas de las cuales podemos aprender y con ellas mejorar, incluso ella misma nos enseña cómo mitigar el daño ambiental. ¿No me crees? Pues déjame contarte el siguiente caso: menos de 100 metros de vegetación separan el curso del arroyo Cululú de las áreas sembradas, de pastoreo o de cría de ganado en el departamento santafesino de Las Colonias, en Argentina. Esta franja de ribera, disminuida por el avance de las actividades agropecuarias, fue el objeto de estudio de investigadores de la Universidad Nacional del Litoral (UNL). Realizaron un monitoreo permanente durante una década, con el objetivo de comprender y valorar el servicio ambiental que naturalmente brindan este tipo de zonas donde es habitual encontrar humedales.

Los investigadores trazaron una línea imaginaria perpendicular al arroyo que va desde la parte más alta, donde hay actividad productiva, a la más baja, que llega al arroyo. Tanto el agua superficial como la subterránea fluyen por esa pendiente con dirección al Cululú, por lo que evaluaron qué procesos transformadores de la composición química del agua sucedían

en esa franja. Las zonas ribereñas tienen una capacidad de remediación y atenuación natural de los componentes que se transportan disueltos en el agua. Hay procesos físicos, químicos y biológicos que se dan naturalmente y le son característicos.

Pero no todo lo que llega disuelto en el agua tiene como origen las actividades humanas, también hay compuestos que son característicos de algunas cuencas de la región. En el caso de la cuenca del Cululú, “dependiendo de los ciclos hidrológicos (húmedos y secos), el agua subterránea naturalmente puede tener un menor o mayor contenido salino, y la ribera también atenúa la llegada de esas sales al curso del arroyo”.

Poder cuantificar lo que ocurre en la ribera es un dato fundamental para apuntalar los esfuerzos por conservar este tipo de ambientes. “Podemos saber qué capacidad de atenuación tiene la franja ribereña y saber si estamos sobrepasando su capacidad transformadora por la gran afectación que producimos en la parte alta”.

Hay un límite a la expansión de la actividad agrícola que lo impone el propio régimen del Cululú, que en sus crecidas inunda las márgenes; sin embargo, se va perdiendo vegetación y se lleva ganado, lo que compacta el suelo y altera el sistema. Los estudiosos indican que más allá de los mecanismos específicos que investigan, se trata de zonas de gran valor como corredor biológico, con especies vegetales y la proliferación de una fauna específica.

Valerse de un proceso biológico natural, como el crecimiento de una planta, para hacer ingeniería, de eso se tratan los humedales construidos.

El conocimiento generado a partir de estos ambientes naturales presenta a los ingenieros ambientales la oportunidad de realizar diseños que imiten el funcionamiento del ambiente natural para tratar efluentes. En esa línea, trabajan en el estudio de tratamiento de efluentes de tambo mediante el diseño de prototipos a pequeña escala.



Y es que el trabajo científico es eso, buscar y buscar, porque como dice mi abuelita, el que busca encuentra. Y que mejor si te encuentras algo enorme como los paleontólogos de la Universidad de Alberta, en Canadá, que encontraron un espécimen del dromeosáurido *Sauornitholestes langstoni* que ayudará a estudiar la evolución de los dinosaurios terópodos.

Desde hace un buen tiempo se creía que esta especie de hace 76 millones de años estaba tan emparentada con el *Velociraptor de Mongoli*, al que algunos investigadores llamaban *Velociraptor langstoni*. Pero las cosas han cambiado (ohhhh).

En la investigación han encontrado que el *Sauornitholestes* difiere del *Velociraptor* en algunos aspectos. Además, se han hallado evidencias de que el linaje de dromeosáuridos de Norteamérica, y que incluye al *Sauornitholestes*, es distinto del linaje asiático que incluye al famoso *Velociraptor*.

El *Sauromitholestes* es un dinosaurio carnívoro emplumado que previamente se conocía sólo por restos parciales. Descubierta en 2014 en el Parque Provincial de Dinosaurios, el nuevo esqueleto está notablemente completo y exquisitamente conservado, con todos los huesos (excepto para la cola) preservados en la posición que tenían en vida. La nueva investigación, que se centra en el cráneo, muestra que la forma norteamericana tiene un cráneo más corto y profundo que el del *Velociraptor*. En la parte delantera de la boca del cráneo, los investigadores descubrieron, asimismo, un diente plano con crestas largas, que se usaba probablemente para acicalar las plumas. El mismo diente se ha identificado con posterioridad en el *Velociraptor* y otros dromeosáuridos.

El estudio establece también una diferencia entre los dromeosáuridos en Norteamérica y Asia. La nueva información anatómica muestra claramente que los dromeosáuridos de Norteamérica son un linaje separado de los asiáticos, aunque poseen un ancestro común. Trabajos futuros investigarán el resto del esqueleto y efectuarán análisis adicionales sobre las relaciones entre los dromeosáuridos.



Otros que también se encontraron algo “extraño” y sorprendente fueron investigadores de la Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades

de la UASLP, de qué estamos hablando, pues ni más ni menos que del fósil del perro doméstico más antiguo detectado en América, hallazgos fósiles que detectó un grupo de investigadores de la licenciatura en arqueología en una zona del Altiplano Potosino.

Hablamos de los restos del perro, el mejor amigo del hombre, que acompañó a los primeros pobladores de la región centro de México, considerados los tataratataratarabuelos (agregamos tres tatas más por si las dudas) de los mexicanos. Según los investigadores, luego de diversos estudios de ADN que se les han aplicado a los fósiles, se reconoce que estos restos están fechados en más de 13 mil años antes del presente, lo que lo hace el fósil de un perro ¡más antiguo del país y de América!

Este descubrimiento posiciona al Altiplano potosino como un lugar importante en materia de investigación arqueológica. Según los datos que mencionaron, el perro no es pelón, pues tienen características similares a lo que hoy conocemos como un perro pastor alemán, luego de los estudios se puede estimar su peso entre los 14 y 20 kilos, y debido a estos estudios se conoce que tiene todas las características de domesticación, por lo que hablamos de un animal que no es un lobo salvaje.

Los restos fósiles de este cánido fueron localizados en 2016 en una región de Cedral, San Luis Potosí, una zona que hace miles de años era como una especie de laguna o estanque. En este momento se está detallando la investigación científica para poder ser publicada a través de un artículo especializado en una revista de investigación. Los restos que el equipo

de arqueólogos localizó estaban combinados con otros materiales de la tierra, así como con restos de otros animales como un mamut y un bisonte.



Sin duda estos hallazgos nos enseñan a saber más del pasado remoto, cómo eran los animales, cómo murieron y todo eso. Pero ahora te imaginas encontrar un animal vivo del que se sepa poco o nada, genial creo yo. Así se encontró una especie nueva de serpiente del género *Salvadora*. A poco, pues sí, déjame te cuento.

A pesar de ser un grupo descrito en 1853, ha sido poco estudiado. Después de una revisión detallada a más de mil ejemplares de este género, albergados en diversas colecciones científicas del mundo, un investigador notó que seis mostraban particularidades que hicieron pensar que este taxón (previamente confundido con otra especie, *Salvadora intermedia*) pertenecía a un linaje no caracterizado hasta el momento.

La especie nueva se caracteriza por carecer de una línea vertebral

clara y tener líneas dorsolaterales incompletas que no llegan a la parte posterior del cuerpo, aspectos típicos de sus congéneres.

Otros rasgos visibles son la diferencia en la coloración, el número de escamas, el patrón de dientes maxilares y el tamaño de la cola. Para verificar su divergencia evolutiva se amplificó una muestra de su ADN, el cual evidenció cambios en varias posiciones del mismo. Esta información da cuenta de un linaje evolutivo que se separó del resto del grupo y adquirió características propias.

En esta investigación de la sistemática del grupo *Salvadora*, un in-

vestigador oaxaqueño se percató de que algunos de estos ejemplares, de la colección del Museo de Historia Natural de Nueva York, tienen patrones morfológicos distintos al resto.

La coloración fue el primer rasgo visible, el cual podría atribuirse a su preservación en alcohol durante mucho tiempo. Su etiqueta de colecta mencionaba dos poblaciones oaxaqueñas de origen: Ayutla y San Lorenzo (México). No se tenía más información al respecto.

Ante esta duda, el académico de la BUAP hizo una búsqueda de estos ejemplares vivos en el estado de Oaxaca. Por la vegetación y altitud,

determinó que la Sierra Mixe, zona centro-norte, es el hábitat de esta nueva especie, particularmente las localidades de San Lorenzo Albarra- das, San Pablo Villa de Mitla, Santa Catarina Quierí, San Pedro y San Pablo Ayutla.

Una vez completado este estudio, los biólogos decidieron nombrar a esta nueva especie *Salvadora gymnorhachis*, ya que en latín esta última palabra significa “con el dorso desnudo”. Con este hallazgo suman nueve especies del grupo *Salvadora*. Este grupo radica en Estados Unidos, México y Guatemala.



COLABORADORES

Alejandra Rocha Estrada

Bióloga, maestra investigadora, doctora en Ciencias, con especialidad en Botánica, por la UANL. Realizó estancia de investigación en la Universidad de Córdoba, España. Sus áreas de interés son aerobiología de polen y esporas en ambientes urbanos, flora y vegetación urbana y anatomía de plantas de zonas áridas. Actualmente forma parte del Departamento de Botánica y Cuerpo Académico de Botánica de la misma institución. Miembro del SNI, nivel I.

Carlos Ramírez Martínez

Biólogo por la UAM. Doctor en Ciencias Biológicas por la UANL. Profesor titular de la FMVZ-UANL. Director de Proyectos de la Secretaría de Sustentabilidad de la UANL. Coordinador de los equipos de trabajo ganadores de la Medalla al Mérito Ecológico 2019, el Premio Nacional al Mérito Ecológico 2018. Medalla al Mérito Ecológico 2012.

César Cantú Ayala

Biólogo por la UANL. Doctor en Zoología por la Universidad de Viena. Realizó un año sabático en la Universidad de Idaho, EE UU. Profesor titular D de la FCF-UANL. Miembro del SNI, nivel I.

Fernando Noel González Saldívar

Biólogo por la UANL. Doctor en Zoología, con especialidad en Manejo de Recursos Naturales (Dr. Rerum Naturalium), por la Universidad Ludwig-Maximilian de Munich, Alemania. Profesor-investigador titular C de tiempo completo y exclusivo en la FCF-UANL. Sus áreas de investigación son el manejo y conservación de la fauna silvestre. Investigador invitado de la Universidad de Castilla la Mancha en España. Miembro del Cuerpo Académico de Manejo y Conservación de la Biodiversidad.

Gilberto Carlos García Leal

Ingeniero forestal por la UANL. Responsable operativo del proyecto Mantenimiento de los Centros de Acopio de Plantas Rescatadas del Gasoducto Los Ramones Fase I y II, en Nuevo León, Tamaulipas y San Luis Potosí. Su línea de investigación es la conservación de la biodiversidad (fenología de cactáceas).

Gretta Rebeca Núñez Guzmán

Bióloga por la UANL. Ha participado en diversos proyectos enfocados a la conservación de la flora y fauna de Nuevo León, talleres de educación ambiental y proyectos de difusión de la ciencia.

Hugo Alberto Barrera Saldaña

Biólogo por la UANL. Doctor por la Universidad de Texas en Houston (UT-Houston). Posdoctorado en la Universidad Louis Pasteur de Francia. Posee especialidades en validación clínica, innovación y comercialización de biotecnologías. Miembro distinguido del SNI y de las academias nacionales de Ciencias y de Medicina.

Humberto González Rodríguez

Ingeniero agrónomo fitotecnista por la UANL. Maestro (M.Sc.) y doctor (Ph.D.) por la Texas A&M University, College Station, Texas, USA. Su línea de investigación es adaptación de plantas a tensiones ambientales. Miembro del SNI, nivel II.

Jorge Leonardo Guzmán Hernández

Ornitólogo. Maestro en Ciencias, con orientación en Inmunobiología. Educador ambiental. Cofundador y director de la asociación *Kingfisher-Birdwatching* Nuevo León. Realizó investigaciones relacionadas con el cáncer y con los efectos del estrés inmunológico sobre las aves del estado.

Jorge Luis Hernández Piñero

Biólogo por la Universidad Central de Venezuela. Maestro en Ciencias por la Universidad de Tsukuba, Japón. Doctor en Ciencias Biológicas por la UANL. Profesor titular A en el Departamento de Botánica, FCB-UANL. Cuenta con perfil Prodep. Sus líneas de investigación se relacionan con el aprovechamiento de recurso vegetales. Miembro del SNI, nivel I.

José Guadalupe Marmolejo Moncivais

Biólogo por la UANL. Doctor en Ciencias Forestales por la Universidad de Gotinga, Alemania. Especialidad en micología y fitopatología forestal. Miembro del SNI, nivel I.

José Isidro Uvalle Saucedo

Ingeniero forestal y maestro en Ciencias Forestales por la UANL. Doctor en Alimentos, orientado hacia alimentación de rumiantes en pastoreo. Profesor-investigador en la FCF-UANL. Miembro del Cuerpo Académico Manejo y Conservación de la Biodiversidad. Sus líneas de investigación son manejo y protección de vida silvestre y biología de la conservación.

Lidia Rosaura Salas Cruz

Doctora en Ciencias, con acentuación en Manejo y Administración de Recursos Vegetales, por la UANL. Profesora-investigadora de tiempo completo de la FA-UANL. Sus líneas de investigación son el manejo y aprovechamiento de especies vegetales de zonas áridas. Miembro del SNI, nivel I.

Luis Enrique Gómez Vanegas

Licenciado en Letras Hispánicas por la UANL. Diplomado en periodismo científico por la FCC-UANL. Autor del libro *Soledades*. Corrector de la revista *Ciencia UANL* y de *Entorno Universitario*, de la Preparatoria 16-UANL.

Marco Antonio Alvarado Vázquez

Biólogo por la UANL. Doctor en Ciencias Biológicas, con especialidad en Botánica. Maestro investigador en el Departamento de Botánica de la FCB. Sus áreas de interés son la anatomía y ecología vegetal, con énfasis en ecosistemas urbanos y zonas áridas. Editor de la revista *Planta*. Premio de Investigación UANL 2013 (Ciencias de la Tierra y Agropecuarias). Miembro del SNI, nivel I.

María Josefa Santos Corral

Doctora en Antropología Social. Su área de especialidad se relaciona con los problemas sociales de transferencia de conocimientos, dentro de las líneas de tecnología y cultura y estudios sociales de la innovación. Imparte las asignaturas de ciencia y tecnología para las RI en la Licenciatura de Relaciones Internacionales y Desarrollo Científico Tecnológico y su Impacto Social en la Maestría de Comunicación.

Marilyn Castillo Muñoz

Bióloga y maestra en Ciencias Biológicas. Su área profesional es la Ornitología y la Ecología urbana. Candidata a doctora en Ciencias. Fundadora y directora del proyecto *Kingfisher-Birdwatching* Nuevo León. Miembro del Conneff. Ilustradora naturalista.

Mario Alberto García Aranda

Biólogo, maestro en Ciencias Forestales y doctor en Ciencias, con especialidad en Manejo de Recursos Naturales, por la UANL. Posdoctorante del Departamento de Manejo de Recursos Naturales Renovables. Labora en la FCB-UJED.

Pedro César Cantú-Martínez

Doctor en Ciencias Biológicas. Trabaja en la FCB-UANL y participa en el IINSO-UANL. Su área de interés profesional se refiere a aspectos sobre la calidad de vida e indicadores de sustentabilidad ambiental. Fundador de la revista *Salud Pública y Nutrición (RESPyN)*. Miembro del Comité Editorial de Artemisa del Centro de Información para Decisiones en Salud Pública de México.

Rahim Foroughbakhch Pournavab

Biólogo por la Universidad de Tabriz, Irán. Especialización en Ecología vegetal (Francia). Maestro y doctor en Ecología Cuantitativa Aplicada (Francia). Estancia de Postdoctorado en Ciencias Agrarias (INRA, Francia). Profesor-investigador de la UANL. Miembro del SNI, nivel II, y de la AMC. Pertenece al cuerpo académico consolidado, cuenta con perfil Prodep.

Sergio Moreno Limón

Biólogo, maestro y doctor en Ciencias Biológicas por la UANL. Profesor-investigador titular A, en la FCB-UANL. Cuenta con perfil Prodep y forma parte del Cuerpo Académico Botánica (UANL-CA-186 Consolidado). Sus líneas de investigación son generación y aplicación del conocimiento de sistemática y manejo integral de recursos vegetales y morfofisiología de plantas de importancia económica.

Lineamientos de colaboración

Ciencia UANL

La revista *Ciencia UANL* tiene como propósito difundir y divulgar la producción científica, tecnológica y de conocimiento en los ámbitos académico, científico, tecnológico, social y empresarial. En sus páginas se presentan avances de investigación científica, desarrollo tecnológico y artículos de divulgación en cualquiera de las siguientes áreas: ciencias exactas, ciencias de la salud, ciencias agropecuarias, ciencias naturales, humanidades, ciencias sociales, ingeniería y tecnología y ciencias de la tierra. Asimismo, se incluyen artículos de difusión sobre temas diversos que van de las ciencias naturales y exactas a las ciencias sociales y las humanidades. Las colaboraciones deberán estar escritas en un lenguaje claro, didáctico y accesible, correspondiente al público objetivo; no se aceptarán trabajos que no cumplan con los criterios y lineamientos indicados, según sea el caso se deben seguir los siguientes criterios editoriales.

Criterios editoriales (difusión)

- Sólo se aceptan artículos originales, entendiendo por ello que el contenido sea producto del trabajo directo y que una versión similar no se haya publicado o enviado a otras revistas.
- Se aceptarán artículos con un máximo de cinco autores, en caso de excederse se analizará si corresponde con el esfuerzo detectado en la investigación.
- El artículo debe ofrecer una panorámica clara del campo temático.
- Debe considerarse la experiencia nacional y local, si la hubiera.
- No se aceptan reportes de mediciones. Los artículos deben contener la presentación de resultados de medición y su comparación, también deben presentar un análisis detallado de los mismos, un desarrollo metodológico original, una manipulación nueva de la materia o ser de gran impacto y novedad social.
- Sólo se aceptan modelos matemáticos si son validados experimentalmente por el autor.
- No se aceptarán trabajos basados en encuestas de opinión o entrevistas, a menos que aunadas a ellas se realicen mediciones y se efectúe un análisis de correlación para su validación.
- Para su consideración editorial, el autor deberá enviar el artículo vía electrónica en formato .doc de Word, así como el material gráfico (máximo cinco figuras, incluyendo tablas), fichas biográficas de cada autor de máximo 100 palabras y carta firmada por todos los autores (formato en página web) que certifique la originalidad del artículo y cedan derechos de autor a favor de la UANL.
- Los originales deberán tener una extensión máxima de cinco páginas (incluyendo figuras y tablas).
- Se incluirá un resumen en inglés y español, no mayor de 100 palabras, incluir cinco palabras clave.
- Las referencias se deberá utilizar el formato Harvard para citación.
- Material gráfico incluye figuras, imágenes y tablas, todas las imágenes deberán ser de al menos 300 DPI.

Criterios editoriales (divulgación)

- Sólo se reciben para su publicación materiales originales e inéditos. Los autores, al enviar su trabajo, deberán manifestar que es original y que no ha sido postulado en otra publicación.
- Se aceptarán artículos con un máximo de tres autores.
- Los contenidos científicos y técnicos tienen que ser conceptualmente correctos y presentados de una manera original y creativa.
- Todos los trabajos deberán ser de carácter académico. Se debe buscar que tengan un interés que rebase los límites de una institución o programa particular.
- Tendrán siempre preferencia los artículos que versen sobre temas relacionados con el objetivo, cobertura temática o lectores a los que se dirige la revista.
- Para su mejor manejo y lectura, cada artículo debe incluir una introducción al tema, posteriormente desarrollarlo y finalmente plantear conclusiones. Se recomienda sugerir bibliografía breve, para dar al lector posibilidad de profundizar en el tema. El formato no maneja notas a pie de página.
- Las referencias no deben extenderse innecesariamente, por lo que sólo se incluirán las referencias citadas en el texto.
- Los artículos deberán tener una extensión máxima de cinco cuartillas y una mínima de tres, incluyendo tablas, figuras y bibliografía. En casos excepcionales, se podrá concertar con el editor responsable de *Ciencia UANL* una extensión superior, la cual será sometida a la aprobación del Consejo Editorial.
- Las figuras, dibujos, fotografías o imágenes digitales deberán ser de al menos 300 DPI.
- En el caso de una reseña para nuestra sección Al pie de la letra, la extensión máxima será de dos cuartillas, deberá incluir la ficha bibliográfica completa, una imagen de la portada del libro, por la naturaleza de la sección no se aceptan referencias.
- El artículo deberá contener claramente los siguientes datos en la primera cuartilla: título del trabajo, autor(es), institución y departamento de adscripción laboral (en el caso de estudiantes sin adscripción laboral, referir la institución donde realizan sus estudios), dirección de correo electrónico para contacto.

*Nota importante: todas las colaboraciones, sin excepción, serán evaluadas. Todos los textos son sometidos a revisión y los editores no se obligan a publicarlos sólo por recibirlos. Una vez aprobados, los autores aceptan la corrección de textos y la revisión de estilo para mantener criterios de uniformidad de la revista.

Todos los artículos deberán remitirse a la dirección de correo:

revista.ciencia@uanl.mx

o bien a la siguiente dirección:

Revista *Ciencia UANL*. Dirección de Investigación, Av. Manuel L. Barragán, Col. Hogares Ferrocarrileros, C.P. 64290, Monterrey, Nuevo León, México.

Para cualquier comentario o duda estamos a disposición de los interesados en:

Tel: (5281)8329-4236. <http://www.cienciauanl.uanl.mx/>



 RevistaCienciaUANL

 RevistaCIENCIAUANL



Indexada en: 



 **Actualidad Iberoamericana**
Índice Internacional de Revistas

 **ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS**
DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



CATÁLOGO "HEMEROTECA LATINOAMERICANA"