



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

Dra. Patricia del Carmen Zambrano Robledo
Directora editorial

Melissa Martínez Torres
Coordinadora editorial

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

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° 110, noviembre-diciembre 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: 1 de noviembre 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

Ciencia UANL

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 EXACTAS

Dra. Nora Elizondo Villarreal

CIENCIAS AGROPECUARIAS

Dr. Hugo Bernal Barragán

CIENCIAS NATURALES

Dr. Sergio Moreno Limón

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

Cuajotes y copales:
árboles sagrados del
México antiguo, cla-
ves para el bienestar
social y ambiental

Yessica Rico

14



OPINIÓN

El camote (*Ipomoea
batatas* L.) una puerta
al inframundo: poten-
ciales usos Ejes

Harumi Hernández Guz-
mán, Rubén Humberto
Andueza Noh, Carmen
Salazar Gómez Varela

19



EJES

Candelilla, *Euphorbia
antisyphilitica* Zucc.,
Aprovechamiento tra-
dicional en el Norte de
México

Alejandra Rocha Estrada,
Rahim Foroughbakhch
Pournavab, Marco Antonio
Guzmán Lucio, Marco An-
tonio Alvarado Vázquez

29

SECCIÓN
ACADÉMICA

30

El banco de germoplasma de la Facultad de Agronomía UANL, como patrimonio etnobiológico del estado de Nuevo León

Lidia Rosaura Salas-Cruz, Francisco Zavala-García, José Elías Treviño-Ramírez, Jesús Andrés Pedroza-Flores, Humberto Ibarra-Gil, Maginot Ngangyo-Heya.

38

CURIOSIDAD

Sabes a dónde van los osos silvestres, la magia de la telemetría

Zuleyma Zarco-González, Octavio Monroy-Vilchis, Rogelio Carrera-Treviño

42

Cuando el estrés lleva al divorcio: la simbiosis alga-coral y el blanqueamiento coralino, C.

Tania Islas-Flores, Estefanía Morales Ruiz

47

CIENCIA DE FRONTERA

La importancia del contexto y los conocimientos locales para la investigación y evaluación. Entrevista al doctor Aurelio León Merino

María Josefa Santos Corral

56

SUSTENTABILIDAD ECOLÓGICA

Econegocios y sustentabilidad

Pedro César Cantú-Martínez

62

CIENCIA EN BREVE

68

COLABORADORES

EDITORIAL

110

PEDRO CÉSAR CANTÚ
MARTÍNEZ*

El pasado mes de julio de 2021, fuimos distinguidos con el máximo reconocimiento que otorga la Organización Internacional para la Inclusión Educativa (OIICE) –denominado Galdón a la Excelencia Educativa Edición Cusco–, así como con los reconocimientos honoríficos de Doctor Honoris Causa y la Orden Dorada Magisterial. Esta distinción es el resultado de una evaluación realizada a nuestra trayectoria personal en el ámbito académico y científico, ésta fue llevada a cabo por la Comisión de Evaluación de la OIICE, integrada por prestigiosos catedráticos universitarios de distintas naciones latinoamericanas.

Esta significativa distinción de carácter internacional es resultado de nuestro empeño y constancia en impulsar la excelencia académica en distintos ámbitos. En el contexto nacional, lo hemos realizado a nivel de educación superior, donde a través de nuestras actividades de enseñanza e investigación –esencialmente en la Universidad Autónoma de Nuevo León–, hemos formado, por 22 años, recursos humanos a nivel de licenciatura y posgrado en el área de la salud pública y ambiente, donde además hemos imbuido valores y principios relativos a la responsabilidad social y al desempeño ético.

Por otra parte, en el concierto internacional, nuestras actividades han trascendido a la frontera de México y Estados Unidos, donde hemos colaborado con la Organización Pana-

americana de la Salud y la Comisión de Salud Fronteriza México-Estados Unidos, en distintos momentos y proyectos para fortalecer los recursos humanos en salud y satisfacer las necesidades tanto de salud como ambientales que caracterizan dicha frontera.

Asimismo, durante 25 años hemos capacitado –en el ámbito de impacto ambiental y salud– a funcionarios de ministerios ambientales de distintos países latinoamericanos, en el marco del Diplomado Reserva, que imparte la organización no gubernamental Ducks Unlimited de México, A.C., con el auspicio del Departamento de Bosques de Estados Unidos, Departamento de Vida Silvestre y Pesca de Estados Unidos, Departamento de Vida Silvestre y Pesca de Canadá y la Comisión Nacional de Áreas Protegidas en México, entre otras instancias.

Esta distinción a nuestra persona puede considerarse que trasciende a una experiencia de vida exitosa profesionalmente, que ahora retoma más sentido en términos del compromiso que emana y con la finalidad de seguir contribuyendo a una educación humanista más comprometida.

Sin lugar a dudas, este logro personal también comprende a mi familia, que finalmente es la razón de nuestro esfuerzo y existir, que nos ha impulsado en el camino de la superación constante mediante su presencia física, mental y espiritual.

* Universidad Autónoma de Nuevo León.

CONVOCATORIA

La revista *Ciencia UANL* es una publicación bimestral, cuyo objetivo es difundir y divulgar la producción científica, tecnológica y de conocimiento en los ámbitos académico, científico, tecnológico, social y empresarial.

Áreas: Ciencias de la Salud, Ciencias Exactas, Ciencias Agropecuarias, Ciencias Naturales, Ciencias Sociales, Ingeniería y Tecnología, Ciencias de la Tierra.

- Recepción de trabajos del 1 de noviembre al 10 de enero de 2022.
- Recibiremos artículos divulgativos y académicos, reseñas, así como obra artística (cuento, fotografía, dibujos, entre otros).
- El dictamen se sujeta al procedimiento conocido como "Pares de doble ciego".
- Las colaboraciones deben respetar los lineamientos de la revista: http://cienciauanl.uanl.m/?page_id=524



La fecha límite para la entrega de trabajos es el 10 de enero de 2022.



Enviar los trabajos a: revista.ciencia@uanl.mx



CUAJIOTES Y COPALES: ÁRBOLES SAGRADOS DEL MÉXICO ANTIGUO, CLAVES PARA EL BIENESTAR SOCIAL Y AMBIENTAL

YESSICA RICO*

Los árboles son elementos esenciales para el equilibrio ecológico, el bienestar social y el desarrollo cultural de civilizaciones pasadas y recientes. Los árboles aportan oxígeno, regulan el clima, filtran contaminantes, retienen el suelo y su fertilidad, son fuente de alimento y refugio para humanos y animales; nos proveen compuestos medicinales y materias primas como la madera, aceites y gomas para la elaboración de distintos productos, y además son elementos de esparcimiento, contemplación y creación artística.

Cada país, región o cultura, posee árboles emblemáticos o sagrados, ya sea porque forman parte del imaginario colectivo, son componentes dominantes del paisaje o motores de la economía local. En México contamos

con diversas especies emblemáticas de árboles como el magnífico ahuehuete (*Taxodium mucronatum*), conocido por su sorprendente tamaño y longevidad, y que podemos apreciar en el árbol del Tule en Oaxaca (¡14 metros de ancho, 42 metros de altura y casi 2,000 años!). Otro árbol emblemático es el oyamel (*Abies religiosa*), una conífera nativa de las montañas centrales sur de México y oeste de Guatemala, el cual es el preferido para la hibernación de la mariposa monarca en Michoacán y el Estado de México. La diversidad de la flora arbórea en México es sorprendente, contamos con más de 4,000 especies, y para algunos grupos (géneros botánicos) tenemos el récord mundial de diversidad, como ocurre en los pinos, encinos o las burseras. De estos tres grupos, el género *Bursera*, con un

* Conacyt, Instituto de Ecología, A.C. Red de Diversidad Biológica del Occidente Mexicano, Centro Regional del Bajío.
Contacto: yessica.ricom@gmail.com

poco más de 100 especies, de las cuales más de 90 ocurren en México, se distingue por ser el género con el mayor número de especies (alrededor de 95%) con origen exclusivo del territorio mexicano.

¿CÓMO DISTINGUIMOS UN ÁRBOL DE *BURSERA*?

El género *Bursera* se compone por dos grupos que engloban las especies popularmente conocidas desde tiempos prehispánicos como cuajotes (sección *Bursera*) y copales (sección *Bullockia*). Se distribuyen en el continente americano desde el suroeste de Estados Unidos hasta Perú y parte de Brasil, pero es en México, específicamente en la Depresión del Balsas, donde se registra el mayor número de especies (alrededor de 48) (Rzedowski y Guevara-Féfer, 1992).

Las burseras principalmente presentan forma arbórea y como máximo alcanzan los 30 metros de altura, aunque la mayoría de las especies oscila entre los 4 y 15 metros (figura 1A). Si estuvieras en los bosques tropicales secos, un ecosistema con una marcada estacionalidad entre la época de lluvias y secas, reconocerías las burseras por el agradable aroma que desprenden sus hojas cuando las estrujas, o de la resina que exuda de sus ramas. Estos árboles pierden su follaje durante el inicio de la época seca, mientras que florecen y renuevan sus hojas al inicio de la época de lluvias. Poseen flores muy pequeñas (1-3 cm), poco vistosas al ojo humano, de color blanquecino amarillento



Figura 1. (A) Árbol adulto de *Bursera cuneata* (sección *Bullockia*); flor (B) y fruto (C) (imágenes: Yessica Rico).

to (figura 1B), en grupos o solitarias, y generalmente duran unas cuantas semanas durante el inicio de las lluvias antes de que desarrollen a plenitud su follaje.

Sus frutos, en cambio, son más fáciles de observar a simple vista (miden alrededor de 3-5 cm), por su coloración verde que va cambiando a tonalidades naranja a rojizas confor-

me maduran hacia finales de la época de lluvias y muy entrada la época de secas. Los frutos son numerosos, de forma ovoide y textura dura. Al madurar el fruto expone una semilla naranja-rojiza, cuya coloración es muy atractiva para las aves (figura 1C). Otra característica de las burseras es la distinción entre árboles machos y árboles hembras. En cuanto a la forma de las hojas, pueden ser del-

gadas a carnosas, de textura aterciopelada, lisa o rugosa, y de una gran variedad de formas y tamaños que van desde lineales, como en *Bursera paradoxa*, a formas elipsoides, como en *Bursera roseana*.

¿Ahora, cómo distinguimos a los copales de los cuajotes? Muy simple, los cuajotes poseen corteza exfoliante, con apariencia de papel que se desprende de su tronco, de hecho, el significado de *cuajote* es árbol leproso. Además de esta característica muy evidente, su tronco tiene apariencia lustrosa y con coloraciones rojizas a doradas; en cambio, los copales presentan corteza grisácea, lisa y no exfoliante (Rzedowski y Guevara-Féfer, 1992).

LAS BURSERAS EN EL MÉXICO ANTIGUO Y ACTUAL

Las burseras tienen importancia cultural desde la época prehispánica. Se tiene registro arqueológico del uso de la resina, conocida como copal, como ofrenda en ceremonias religiosas, cuya función era de alimento y medio de comunicación con los dioses para pedir por una buena época de lluvias, una exitosa cacería, producción agrícola u otros satisfactores de la vida cotidiana. El humo blanco que produce la resina al quemarse fue considerado un purificador y curador de afecciones del espíritu

(susto, mal de ojo, pérdida del alma), padecimientos físicos (mordeduras de serpiente y alacrán, fiebre, dolor de muelas, dolor muscular, hemorragias), y protector durante la labor de parto (Montúfar-López, 2016).

El uso ceremonial y medicinal del copal sigue presente en diversas regiones de México, como en ceremonias purificadoras en iglesias o baños temazcales, en fiestas patronales relacionadas con la agricultura y la lluvia, y en la liturgia de Semana Santa y Día de Muertos. La especie de más amplio uso para la extracción de resina es conocida popularmente como copal chino (*B. bipinnata*), y es una de las especies de más extensa



distribución. Sin embargo, se han registrado alrededor de 15 especies con uso similar en regiones rurales de Michoacán, Guerrero, Morelos, Puebla y Oaxaca, entre las que destaca el copal ancho (*B. copallifera*), el copal blanco (*B. glabrifolia*) y la almárciga (*B. citronella*) (Linares y Bye, 2008).

Otro uso es la extracción de aceites esenciales de los frutos como ocurre con el lináloe (*B. linanoe*) o la almárciga. Dichas esencias, que contienen dos sustancias principales, el linalol y acetato de linalilo, son apreciadas en la industria cosmética por su fino aroma, el cual fue intensamente exportado a Europa en el siglo XIX. De hecho, hubo tanto interés por el aceite de lináloe, que la planta fue introducida por empresarios ingleses en la India para la extracción y comercialización de la esencia, superando el mercado mexicano. A algunas especies de *Bursera* se les atribuyen propiedades medicinales como antiinflamatorias, antioxidantes y analgésicas para tratar dolores de cabeza, problemas dermatológicos, heridas, dolencias relacionadas con las vías respiratorias y del riñón (Rzedowski y Guevara-Féfer, 1992; Cobos *et al.*, 2009; PARRALES *et al.*, 2012).

Aunado a lo anterior, por su condición de tener madera blanca, que además puede tallarse fácilmente, las burseras se utilizan para la elaboración de artesanías como los coloridosalebrijes en San Martín Tilcajate y San Antonio Arrazola, en Oaxaca, que utilizan la madera de *B. glabrifolia*, o las cajitas laqueadas de Olinalá, en Guerrero, a partir de *B. linanoe*. Otras artesanías populares son las máscaras, figurillas e imágenes reli-

giosas que se elaboran en la cuenca del Lago de Pátzcuaro, en Tócuaro, Michoacán, a partir de la madera de *B. cuneata*.

IMPORTANCIA ECOLÓGICA Y CONSERVACIÓN DE LAS BURSERAS

Las burseras se asocian a los bosques tropicales secos, el ecosistema de mayor distribución en México. Este ecosistema provee múltiples servicios ambientales como la regulación del clima, el reciclaje de nutrientes, la retención de la humedad del suelo y su fertilidad, la prevención de la erosión, la protección contra fenómenos meteorológicos, la regulación del ciclo hidrológico y la polinización. De este último servicio, las flores de las burseras son de las primeras en aparecer con el inicio de las lluvias, lo que las convierte en una fuente de alimento para los insectos cuando este recurso aún es limitante en el bosque. Al no poseer flores especia-

lizadas, su néctar y polen es accesible para una gran variedad de insectos (¡se han registrado hasta 60 especies!), que incluyen abejas nativas, moscas, escarabajos, avispas, chinches, hormigas y mariposas (figura 2; Rivas-Arancibia *et al.*, 2015).

Ahora, si hablamos de los frutos, éstos son un recurso alimenticio para la fauna durante la época de seca, cuando empiezan a escasear otros. Entre los consumidores y dispersores de semillas de las burseras encontramos a hormigas, escarabajos, mamíferos pequeños (roedores, ardillas), y sobre todo una gran cantidad de aves que van desde especies endémicas, como el carpintero del Balsas (*Melanerpes chrysogenys*), a especies migratorias, como los vireónidos (*Vireo griseus*), el copetón viajero (*Myiarchus tuberculifer*) o el petirrojo (*Pyrocephalus rubinus*) (Cultid-Medina y Rico, 2020).

Desafortunadamente, el hombre está modificando los ecosistemas a

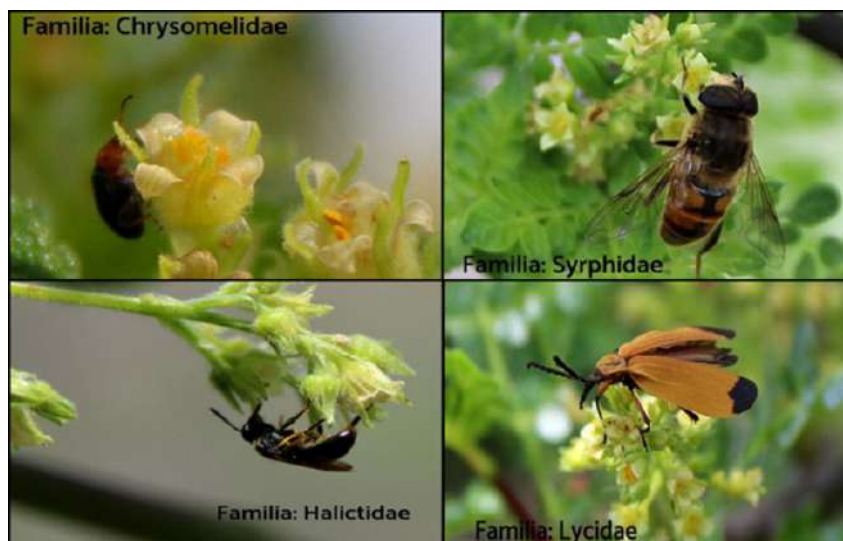


Figura 2. Visitantes florales observados en *Bursera bipinnata* (imágenes: Bruno A. Gutiérrez Becerril).

ritmos acelerados. En diversas regiones del país, la abundancia de las burseras ha disminuido considerablemente, ya sea por la explotación de su madera, resinas y esencias, y por el desmonte atroz de los bosques tropicales secos. Por ejemplo, en sitios aledaños a las comunidades donde se explota su madera, es prácticamente imposible encontrar árboles “viejos” con troncos gruesos y alturas que sobrepasen los 8 metros. Esta escasez de recursos ha generado conflictos sociales, ya que los artesanos han tenido que recurrir a otros sitios para encontrar árboles idóneos, generando disputas por el uso del territorio y sus recursos. En cambio, en las ciudades el desmonte de grandes extensiones de bosques tropicales secos ha traído como consecuencia un mayor impacto de los desastres naturales (inundaciones), un incremento considerable de la temperatura (conocida como isla de calor), y una reducida recarga de los mantos freáticos.

CONCLUSIONES

Las burseras son clave para la regeneración de los bosques tropicales secos; tienen la bondad de reproducirse no sólo por semillas, además por estacas, es decir, una rama que se siembra en la tierra puede generar una planta nueva. Esta cualidad facilita su empleo para su producción masiva y posterior siembra en campo, considerando las especies nativas propias de cada sitio a reforestar. Asimismo, podrían utilizarse como árboles ornamentales en las ciudades, ya que no son árboles muy masivos (pueden desarrollarse bien hasta en macetas), y son árboles de



considerable belleza y aroma agradable. Debemos sentirnos orgullosos de la alta diversidad de especies con las que cuenta México, además de retomar el valor que las culturas mesoamericanas le otorgaban a la naturaleza para que podamos reconstruir relaciones armónicas con el medio que nos rodea.

Las burseras son árboles de cualidades extraordinarias; son clave para restaurar los bosques tropicales secos y, además, proveen materias primas para contribuir al sustento de las comunidades rurales.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por el financiamiento otorgado al proyecto de ciencia básica CB-2016-283237.

REFERENCIAS

- Cobos, J.A., Cano-Carmona E., y Otero-Zaragoza, R. (2009). Catálogo florístico de las plantas medicinales de la selva baja subcaducifolia de Acapulco, México. *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*. 200:231-288.
- Cultid-Medina, C.A., y Rico, Y. (2020). Los aliados emplumados de los copales y cuajotes de México: aves y la dispersión de semillas de *Bursera*. *Revista Digital Universitaria*. 21:1-9.
- Linares, E., y Bye, R. (2008). El copal en México. Conabio. *Biodiversitas*. 78:8-11.
- Montúfar-López, A. (2016). Copal de *Bursera bipinnata*. Una resina mesoamericana de uso ritual. *Trace*. 70:45-78.
- Rivas-Arancibia, S.P., Bello-Cervantes, E., Carrillo-Ruiz, H., et al. (2015). Variaciones de la comunidad de visitantes florales de *Bursera copallifera* (Burseraceae) a lo largo de un gradiente de perturbación antropogénica. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 86:178-187.
- Parrales, R.S., Cruz B.V., Cobos D.S., et al. (2012). Anti-inflammatory, analgesic and antioxidant properties of *Bursera morelensis* bark from San Rafael, Coxcatlán, Puebla (México): Implications for cutaneous wound healing. *Journal of Medicinal Plants Research*. 6: 5609-5615.
- Rzedowski, J., y Guevara-Féfer, F. (1992). *Burseraceae*. Fascículo 3. *Flora del Bajío y Regiones Adyacentes*. <https://doi.org/10.21829/fb.129.1992.3>



EL CAMOTE (*IPOMOEA BATATAS*L.), UNA PUERTA AL INFRAMUNDO: POTENCIALES USOS

HARUMI HERNÁNDEZ GUZMÁN*, RUBÉN HUMBERTO
ANDUEZA NOH*, CARMEN SALAZAR GÓMEZ VARELA**

En muchos países de Latinoamérica, en los últimos años, los cultivos de raíces y tubérculos considerados de subsistencia, y en muchos casos olvidados, han empezado a cobrar importancia debido al potencial nutricional que los caracteriza (Barrera *et al.*, 2004; Vidal *et al.*, 2018). Para el caso de México, y específicamente en Yucatán, encontramos un cultivo que no sólo representa la cosmovisión de una comunidad, sino una puerta de posibles soluciones ante las problemáticas cada día más comunes de la inseguridad alimentaria y el cambio climático.



*Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Conkal.
**Universidad Autónoma de Yucatán.
Contacto: r.andueza81@hotmail.com

El camote (*Ipomoea batatas* L.; figura 1) es una raíz engrosada de reserva que pertenece a la familia de las convolvuláceas, su nombre proviene de la palabra náhuatl *camohtli* y en lengua maya se le conoce como *iss* (Basurto *et al.*, 2015; Meléndez e Hirose, 2018; CIP, 2019). Es un cultivo ancestral de importancia alimenticia y cultural (Basurto *et al.*, 2015), posee su centro de origen y diversidad en Centroamérica (Srisuwan *et al.*, 2006) y es considerado un cultivo de subsistencia ya que las zonas que más aprovechan esta especie son subdesarrolladas, de escasos recursos y con sistemas tradicionales de producción (Siqueiro y Veasey, 2011). A nivel mundial es el sexto cultivo alimenticio más importante después del arroz, trigo, papa, maíz y yuca, siendo China el principal productor con 85,456,260.19 toneladas para 2019 (FAO, 2019; CIP, 2019). En Yucatán se tiene registro de ocho variedades nativas que se diferencian por sus características morfológicas y su ciclo de cultivo (Terán *et al.*, 1998).

EL CAMOTE EN YUCATÁN

En el estado de Yucatán, para 2019, se reportó una superficie sembrada de 44.50 ha con una producción de 1,345.50 ton y un valor de producción de 6,333.66 (miles de pesos; SIAP, 2019). Su principal uso es como alimento, teniendo registros que era de ayuda sobre todo en épocas de escasez, cuando por efecto de fenómenos naturales, como huracanes o plagas, se perdía la cosecha y se recurría al camote que crecía en las milpas ya no trabajadas o que se habían dejado en



Figura 1. Camote amarillo cosechado de milpas mayas yucatecas.

descanso por algunos meses o años. En esos momentos el camote era usado como sustituto del maíz o combinado con éste en atole o tortilla (Terán *et al.*, 1998; García-Quintanilla, 2000).

Otros registros denotan el importante papel que tuvo este cultivo junto con otras raíces para la alimentación maya, ya que para las civilizaciones del clásico y preclásico su supervivencia se basó no sólo en el consumo del maíz, sino en el consumo de raíces y tubérculos como el camote que proporcionaron alimento a una civilización entera y que dadas las condiciones ambientales y geográficas de la región, estas especies fueron los cultivos apropiados en estas áreas, llegando a ser igual de importantes que el maíz (Meléndez y Hirose, 2018).

BENEFICIOS NUTRICIONALES DEL CAMOTE

La importancia del camote como fuente alimenticia se debe a su aporte nutricional, es un alimento rico en carbohidratos, vitaminas A y C, minerales, lípidos, proteínas, carotenoides, riboflavina, niacina, fibra y agua (Krochmal-Marczak *et al.*, 2014). De igual forma es un alimento bueno para la salud arterial y sanguínea, ya que su consumo ayuda a disminuir la presión arterial, las enfermedades cardiovasculares, la obesidad y la diabetes.

Otra de sus propiedades es que actúa como cardioprotector, hepatoprotector y anticancerígeno, mejora la vista, ayuda a las membranas mucosas y la piel, así como a la función inmunológica (Mohanraj y Sivasankar,



2014). En mujeres lactantes favorece el aumento de la producción de leche materna. La raíz es la parte que se consume principalmente, sin embargo, algunos estudios mencionan que el consumo de las hojas y tallos también aporta beneficios nutricionales y pueden ser utilizados como sustituto de los cultivos de hoja verde, al contener proteína, fibra y minerales como K, P, Ca, Mg, Fe, Mn y Cu (Vidal *et al.*, 2018). Por lo anterior, el camote es un alimento completo y una buena opción en países en vías de desarrollo y que puede ayudar a las problemáticas de salud que se viven en las comunidades, así como un alimento que permite garantizar la seguridad alimentaria y un complemento con gran aporte nutritivo a la dieta humana (Barrera *et al.*, 2004; Siqueiro y Veasey, 2011; Vidal *et al.*, 2018; CIP, 2019).

CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS Y ECOLÓGICAS

Otro aspecto a resaltar de esta especie son sus características botánicas y ecológicas. Al ser un cultivo rústico y de fácil manejo, le confiere la ventaja de resistir condiciones poco favorables, por lo tanto, posee una amplia adaptación y tolerancia a la sequía, plagas y enfermedades. Es un cultivo que requiere pocos insumos y cuidados para su producción en comparación con otros, lo que permite reducir las pérdidas de cosecha convirtiéndose en una alternativa de alimento en países con alta vulnerabilidad (Siqueiro y Veasey, 2011; CIP, 2019).

COSMOVISIÓN MAYA DEL CAMOTE

El camote en Yucatán es una planta envuelta en misticismo, simbolismo y considerada sagrada, al ser una raíz se encuentra bajo el suelo separando lo terrenal del temido inframundo. Muchos milperos mencionan que el mejor lugar para sembrar camotes y otras raíces es en los montículos de tierra hechos por hormigas llamados *múulsays*, la entrada a los hormigueros y, por lo tanto, se tiene la creencia de que al crecer las raíces profundamente siguen la excavación realizada por las hormigas hasta llegar al inframundo; tomando en cuenta estas creencias, los campesinos mayas indican que el camote tiene un manejo

especial y debe ser cosechado a las 12 del día debido a que en ese momento no se corre el riesgo de ser víctima de alguna enfermedad proveniente del inframundo, además, los campesinos indican que a esa hora las plantas toman un breve descanso y se reúnen a platicar, lo que les permite cosechar en menor tiempo y obtener mayores cantidades de camote, ya que pasadas las 12 del día las plantas nuevamente se dispersan en la milpa y la cosecha se vuelve más complicada. En muchos casos las mujeres evitan ir a la milpa a cosechar camotes dado que pueden ser víctimas de un mal aire que les puede provocar una serie de enfermedades graves (Terán *et al.*, 1998; García-Quintanilla, 2000).

Otra práctica envuelta en misticismo que aún persiste, especialmente en la comunidad de Xocén, Yucatán, es la costumbre de usar una pulsera o amuleto llamado *puc choh* en maya (figura 2), que está hecha de un hilo rojo del que cuelga la mandíbula del *tzereque* (*Dasyprocta punctata yucatanica*), un roedor que se alimenta del camote. Los campesinos mayas indican que usar esta pulsera durante la cosecha de camote, les da la habilidad de encontrar o cosechar gran cantidad de camotes de forma más rápida, a diferencia de quienes cosechan sin usarla, e incluso la pulsera es colocada durante su infancia a los niños con el objetivo de que adquieran habilidades para cosechar camote en la edad adulta (García-Quintanilla, 2000).



Figura 2. Huesos de la mandíbula del *tzereque*, usado para elaborar la pulsera que confiere la habilidad de cosechar gran cantidad de camotes de forma rápida.

POTENCIALES USOS

Como se ha mencionado anteriormente, el principal uso del camote en Yucatán ha sido alimenticio y medicinal mediante la preparación de bebidas y alimentos dulces y salados (Meléndez y Hirose, 2018). Sin embargo, en la actualidad, diversos estudios han demostrado que el camote es una fuente valiosa de productos naturales únicos que pueden ser utilizados para el desarrollo de medicamentos y para la elaboración de diversos productos industriales (Mohanraj y Sivasankar, 2014; Soo yung *et al.*, 2016; Wang *et al.*, 2018). Aspecto que resalta el uso potencial de productos derivados de camote como alternativa en el control de enfermedades crónicas.

CONCLUSIONES

A pesar de la importancia que representa el camote por su alto valor nutritivo, en la actualidad, para el estado de Yucatán, no se tienen estudios que nos brinden información básica sobre su cultivo, ni de sus variedades, que puedan dar una pauta para un mejor aprovechamiento y protección del cultivo. Es por eso que se resalta la importancia de mirar a esta especie que ha sido manejada por las comunidades mayas a lo largo del tiempo y que ha tenido un papel relevante en la alimentación y la cosmovisión maya.

REFERENCIAS

- Barrera, V., Espinosa, P., Tapia, C., *et al.* (2004). Caracterización de las raíces y los tubérculos andinos en la ecoregión andina del Ecuador. En Barrera, V., Tapia, C y Monteros, A. (eds.). *Raíces y tubérculos andinos alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003)*. No. 4. INIAP. CIP. Perú.
- Basurto, F., Martínez, D., Rodríguez, T., *et al.* (2015). Conocimiento actual del cultivo de camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) en México. *Agroproductividad*. 8(1):30-34.
- CIP. (2019). *International Potato Center*. Disponible en: <https://cipotato.org/es/sweetpotato/>
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). *Cultivos*. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>
- García-Quintanilla, A. (2000). El dilema de *Ah kimsah k'ax*, "El que mata al monte", significados del monte entre los mayas milperos de Yucatán. *Mesoamérica*. 21(39):255-286.
- Krochmal-Marczak, B., Sawicka, B., Supski, J., *et al.* (2014). Nutrition value of the sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) cultivated in south-eastern Polish conditions. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*. 4(4):169-178.
- Meléndez, G.L., e Hirose, L.J. (2018). Patrones culinarios asociados al camote (*Ipomoea batatas*) y la yuca (*Manihot esculenta*) entre los mayas yucatecos, ch'oles y huastecos. *Estudios de Cultura Maya*. 22(1):193-226.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2019). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Siqueira, M. y Veasey, E. (2011). Raíces y tubérculos tropicales olvidados o subutilizados en Brasil. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 3(1):110.125.
- Soo-Yun, P., Young L.S., Wook Y.J., *et al.* (2016). Comparative analysis of phytochemicals and polar metabolites from colored sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) tubers. *Food Science and Biotechnology*. 25(1):283-291.
- Srisuwan, S., Sihachakr, D., y Siljak-Yakovlev, S. (2006). The origin and evolution of sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.). *Plant Science*. (171):424-433.
- Terán, S., Rasmussen, C.H., y May-Cauch, O. (1998). *Las plantas de la milpa entre los mayas. Etnobotánica de las plantas cultivadas por campesinos mayas en las milpas del noroeste de Yucatán*. Fundación Tun Ben Kin A.C. México. Pp. 155-190.
- Vidal, A.R., Zaucedo-Zúñiga, A. L y Ramos-García, M. (2018). Propiedades nutrimentales del camote (*Ipomoea batatas* L.) y sus beneficios en la salud humana. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 19(2):132-146.
- Wang, A., Li, R., Ren, L., *et al.* (2018). A comparative metabolomics study of flavonoids in sweet potato with different flesh colors (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). *Food Chemistry*. 260:124-134.

CANDELILLA (*EUPHORBIA ANTISYPHILITICA* ZUCC.), APROVECHAMIENTO TRADICIONAL EN EL NORTE DE MÉXICO

ALEJANDRA ROCHA ESTRADA*, RAHIM FOROUGHBAKHCH POURNAVAB*, MARCO ANTONIO GUZMÁN LUCIO*, MARCO ANTONIO ALVARADO VÁZQUEZ*



En el mundo las zonas áridas y semiáridas están presentes en más de 100 países, y en ellas habita aproximadamente 14% de la población del planeta. En México, alrededor de 16% de la población vive en estas áreas, las cuales, debido, entre otros factores, a la latitud, que corresponde al cinturón de los desiertos, ocupan una superficie superior a los 90 millones de hectáreas, equivalentes a más de 40% del territorio nacional (Velasco, 1991). Una de las características distintivas de estas demarcaciones es la escasez de agua, lo cual es un factor determinante en la productividad de la tierra, así como en muchos aspectos sociales, ya que, salvo excepciones, estos sectores se cuentan entre los más pobres del mundo. Su agricultura y ganadería son escasas y sufren estragos por la sequía. Su explotación forestal

es poco rentable por la lentitud del crecimiento y de la regeneración de las plantas.

Uno de los elementos más interesantes de las zonas áridas lo constituyen sus plantas, las cuales presentan características que las hacen sumamente singulares. A dichas plantas generalmente se les conoce como xerófitas, debido a que las condiciones ambientales rigurosas de los hábitats de tipo desértico han determinado la adquisición de características morfológicas, anatómicas y fisiológicas que les han permitido la invasión de estos hábitats o la mejor adaptación a los mismos. Estas adaptaciones son muy variables, dando como resultado formas vegetales y mecanismos muy diversos como respuesta a las condiciones de aridez.

Un ejemplo singular lo constituye la candelilla, planta endémica del Desierto Chihuahuense, donde el principal factor limitante para el desarrollo vegetal es la precipitación, y como respuesta adaptativa la planta produce cera para protegerse. Esta cera tiene múltiples usos y aplicaciones en el sector industrial, por lo que la candelilla representa un importante recurso forestal no maderable de las zonas desérticas del norte de México y ha sido explotada por más de 100 años, representando una de las pocas fuentes de ingresos económicos para las comunidades que habitan estas regiones, consideradas como de pobreza extrema.

En el presente trabajo se presenta una revisión y síntesis acerca del aprovechamiento histórico de la planta de candelilla en el noreste de México, haciendo énfasis en aspectos ecológicos, económicos y sociales.

LA PLANTA DE CANDELILLA

La candelilla (*Euphorbia antisiphylitica* Zucc.; figura 1) es una planta de la familia *Euphorbiaceae*, descrita inicialmente por Joseph Gerhard Zuccarini. El epíteto *antisiphylitica* significa “contra la sífilis”, y fue elegido por el uso en medicina popular para el tratamiento de la sífilis (Rojas-Molina *et al.*, 2011).

La planta de candelilla es un arbusto muy ramificado de hasta 1 m de altura, posee un crecimiento cespitoso generado por un sistema de tallos subterráneos (rizomas) que producen un gran número de tallos

erectos arriba del suelo, cilíndricos, simples o pueden estar ramificados, cuyo grosor es de alrededor de 5 mm; el color va del verde al gris claro o azulado debido a la presencia de cera sobre la epidermis. Las hojas son pequeñas y sólo están presentes por un breve periodo. Las flores son unisexuales, en inflorescencias llamadas ciatios; el fruto es una cápsula con tres semillas (Soto-García, 2010).



Figura 1. Planta de candelilla en su hábitat natural.

HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN

La candelilla se encuentra principalmente en el matorral desértico rosetófilo en asociación con *Agave lechuguilla*, *A. falcata*, *A. striata*, *Hectia glomerata*, *Dasyliirion* spp. y *Yucca carnerosana*, formando parte del matorral desértico rosetófilo en

zonas calizas con buen drenaje (figura 2); en ocasiones también se asocia con *Leucophyllum texanum*, *Fouquieria splendens*, *Larrea tridentata*, *Flourensia cernua*, *Prosopis juliflora*, *Opuntia imbricata*, *O. leptocaulis* y *Parthenium argentatum* (Flores del Ángel, 2013).

Se presenta en áreas con precipitación pluvial promedio menor a 300 mm al año; temperatura media anual de 18 a 22°C, resistiendo temperaturas máximas de 47°C y mínimas de -14°C; altitudinalmente se distribuye entre los 250-1450 msnm.

Las poblaciones de candelilla se distribuyen en el norte de México, en los estados de Coahuila, Chihuahua, Durango, Zacatecas, Nuevo León, San Luis Potosí y Tamaulipas; al sur se extiende hasta las zonas áridas del estado de Hidalgo, y al norte hasta la región del Big Bend en Texas. Aun y cuando la candelilla ocurre en abundancia en todas estas regiones, no ocupa todos los tipos de sitios ecológicos en el desierto. Se desarrolla mejor en laderas de montañas con buen drenaje y raramente en valles o suelos arcillosos. Las poblaciones forman manchones o agregados, cuya distribución y abundancia está ligada al matorral desértico rosetófilo.

LAS COMUNIDADES RURALES Y LAS POBLACIONES DE CANDELILLA EN EL NORTE DE MÉXICO

Muchos habitantes de los territorios desérticos de México dependen de la recolección de la planta de candelilla y su aprovechamiento. El sistema tradicional de producción de candelilla abarca aproximadamente 3 millones de hectáreas y es el sustento total o parcial de numerosos campesinos en los estados de Coahuila, Zacatecas, Durango y Chihuahua. La mayoría de estas familias subsisten



Figura 2. Matorral desértico, hábitat característico de la candelilla en el norte de México.

de las cosechas de maíz y frijol de temporal, la producción de ganado caprino y la venta de cera de candelilla, sin embargo, su ingreso económico cubre menos de 50% de sus necesidades básicas, lo cual los coloca dentro del grupo de población en situación de pobreza extrema. Para algunos es el único modo de subsistencia; para otros, una actividad temporal que combinan con otras como la colecta de plantas útiles como orégano, lechuguilla y sotol (Flores del Ángel, 2013).

Para el aprovechamiento de esta especie, los campesinos colectan plantas silvestres, las cuales arrancan del suelo, dejando únicamente las raíces con la idea de que la planta se regenere después de algunos años, lo cual en la mayoría de los casos no sucede. El resultado de esto ha sido la sobreexplotación de este recurso y un desplazamiento cada vez mayor

de los campesinos para encontrar la planta y colectarla. Esta sobreexplotación la ha llevado de ser una planta común del norte de México y el sur de Texas, a una reducción severa en sus poblaciones, y con ello una pérdida sustancial del suelo y la disminución significativa de su poder productivo, contribuyendo con ello a agravar la desertificación en la región candelillera. Un estudio sobre la distribución potencial de las poblaciones de candelilla bajo diferentes escenarios de cambio climático en su área de distribución natural pronosticó una superficie de aproximadamente 19.1 millones de hectáreas bajo las condiciones actuales; sin embargo, con el cambio climático se proyecta una reducción de más de 6.9 millones de hectáreas (Vargas-Piedra *et al.*, 2020).

La producción comercial de cera de candelilla procede de los estados de Coahuila, Nuevo León, Du-

rango, Zacatecas, San Luis Potosí y Chihuahua, siendo las ciudades de Chihuahua, Torreón y Saltillo los centros de operación de las principales áreas productoras. Aunque las plantas producen cera todo el año, su explotación se realiza sobre todo en la temporada seca, época en que la planta presenta mayor producción. La producción anual es superior a las 3,000 toneladas de cerote, lo que requiere coleccionar aproximadamente 150,000 toneladas (peso fresco) al año de planta de candelilla.

APROVECHAMIENTO DE LA PLANTA DE CANDELILLA

Los primeros en utilizar la cera de candelilla fueron los indígenas prehispánicos del norte de México, quienes la extraían hirviendo los tallos en recipientes de barro. Con ésta protegían las cuerdas de sus arcos y la mezclaban con colorantes con fines decorativos. La forma actual de aprovechamiento aparece en 1914, cuando Borrego y Flores diseñan un método sencillo para extraer la cera, que consistía en la recolección de la planta y sumergirla en agua con un poco de ácido sulfúrico hasta el punto de ebullición, para después recoger la cera condensada en la parte superior (Cervantes-Ramírez, 1992).

Marroquín *et al.* (1981) reportan que el método de recolección consistente en arrancar toda la parte aérea de la planta contribuye a su desaparición en diferentes regiones, o que las áreas tardan muchos años en recuperarse. En un estudio se comparó el sistema tradicional de explotación

de la planta, donde se arranca con todo y raíz, con respecto a cortar sólo los tallos a la altura del suelo, encontrando que con este último método se producía una gran cantidad de renuevos, mientras que en el arrancado, ninguno. Además, se observó mayor pureza en el cerote ya que la raíz no contiene cera y sólo produce impurezas sólidas (Peña-Contreras, 1998). La recolección se efectúa principalmente en épocas de sequía, particularmente en los meses de octubre a junio.



EL PROCESO TRADICIONAL DE OBTENCIÓN DE LA CERA

Colecta y traslado de la planta

Las plantas son arrancadas de raíz en el campo y sacudidas para eliminar la tierra adherida a la raíz. Después de la colecta son apiladas y atadas en tercios para facilitar su manejo y transporte a los centros de acopio,

donde se realiza la quema para la extracción de la cera (figura 3). El transporte puede ser en vehículo o animal de trabajo.

Descarga y pesaje de las plantas

En los centros de acopio, donde se realiza la extracción, los tercios son descargados y pesados. Cada tercio está formado por 25 a 35 macollos (plantas) y tiene un peso de aproximado de 35 kg.



Figura 3. Planta de candelilla en los centros de acopio.

Achicalamiento de la planta

Las plantas se dejan en reposo al aire libre durante varios días, para deshidratarlas y con ello obtener una mayor cantidad de cera. A esta espera necesaria se le conoce como “achicalar”.

Extracción de la cera

La extracción se lleva a cabo con un sistema simple que se ha usado durante décadas. Se usa un recipiente rectangular de acero llamado paila. Este tiene aproximadamente 600 litros de capacidad; se acomoda a nivel del suelo y en su base se acondiciona un horno rústico. El primer paso es colocar alrededor de 500 l de agua en la paila y calentar a fuego directo; una vez que la temperatura alcance los 96°C, se acomodan dentro las plantas, se deja que vuelva a recuperarse la temperatura y posteriormente se agregan 1.09 l de ácido sulfúrico concentrado y enseguida

se comprime la planta, utilizando las parrillas que tiene la paila en el borde superior. Normalmente se colocan dos cargas de candelilla por paila, y cada carga equivale a cuatro tercios, para un total de cerca de 250 plantas por paila. Durante el proceso se agrega ácido sulfúrico al agua para la extracción de la cera. De acuerdo con los “candelilleros”, se pueden obtener de 6 a 8 kg de cera por carga, es decir, se requiere procesar 30 a 40 plantas para obtener 1 kg de cera.

En los últimos años se han comenzado a utilizar otros solventes para la extracción de cera, como el ácido cítrico, con resultados prometedores, sin embargo, el ácido sulfúrico sigue siendo el más utilizado, ya que es económico y fácil de conseguir, además de producir cera de buena calidad. Desafortunadamente, con este método apenas se logra extraer un porcentaje de la cera total de la planta, lo que significa un promedio de 41.6 gramos de cera por planta (Muñoz-Ruiz *et al.*, 2016; Ro-

jas-Molina *et al.*, 2011).

Colecta del cerote

Con la acción del ácido, la cera, por diferencia de densidades, flota en la superficie en forma de espuma de color grisáceo, ésta es retirada con una cuchara o espumadera de lámina con perforaciones que facilitan el escurrimiento del agua y la retención de la cera, enseguida se transfiere a un recipiente llamado espumador, el cual tiene como objeto recolectar la cera extraída durante el día. El espumador tiene un agujero en la parte inferior que le permite el filtrado del agua (figura 4).



Figura 4. La cera es sacada con cucharones artesanales y colocada en tambos, donde se enfría para obtener el cerote (cera cruda).

La paila se continúa calentando hasta que ya no aparezca nada de espuma en la superficie del líquido. Finalmente se saca de la paila la candelilla que ya ha sido tratada y se coloca en el sol, ya que una vez seca sirve como combustible para el proceso. El tiempo de duración, desde que se coloca la candelilla en la paila hasta que se retira, es de aproximadamente una hora, llamándole a este ciclo una pailada. Una vez terminado el proceso anterior se coloca una nueva carga de candelilla y se agrega solamente el agua que se perdió por evaporación en la pailada anterior. De los datos conocidos se sabe que el beneficio para el candelillero es de alrededor de \$1.00 M.N. por planta de candelilla procesada.

Limpieza de la paila y reinicio del ciclo

Después de que se han efectuado varias pailadas se acumula en el fondo de la paila una gran cantidad de impurezas, las cuales consisten en tierra, arena y tallos que es necesario retirar, esto se hace después de haber procesado cinco a diez pailadas, dependiendo de las impurezas acumuladas. El agua de la paila se sigue usando hasta que el contenido de impurezas es intolerable, lo cual sucede después de aproximadamente 30 pailadas, llegando a este punto, el agua se tira, se limpia la paila y se vuelve a llenar con agua limpia.

Sedimentación

En esta fase el contenido de impurezas de la cera obtenida en la extracción durante todo el día se reduce considerablemente. La sedimentación se lleva a cabo en un tanque cilíndrico llamado cortador, en el cual se vacía la cera contenida en el espumador y que contiene, además de las impurezas, agua acidulada proveniente de la etapa de extracción. Se le agrega una pequeña cantidad de agua adicional y se calienta hasta una temperatura de 96°C usando bagazo seco de candelilla como combustible. Terminada la operación, la mezcla se deja reposar toda la noche para permitir que la impureza se sedimente en el fondo del cortador. Al enfriarse la cera, se solidifica y flota en la superficie del agua, el bloque de cera puede tener una capa de tierra, la cual se desprende fácilmente, raspándola. Posteriormente se tritura el bloque de cera, para obtener pedazos más pequeños y envasarlos para su transporte a la planta refinadora donde recibe su último tratamiento de purificación (Villarreal-Barrera, 1995). En la paila sólo quedan los excedentes del proceso de extracción.

Reutilización de los desechos de la planta

Una vez que se hayan retirado los desechos (figura 5a), la paila quedará lista para recibir otra carga de candelilla. Por lo general, varios candelilleros utilizan una misma paila, por lo que esto puede ser una actividad que se prolongue por varios días hasta que se agote la reserva de planta y será entonces que los candelilleros volverán al campo para coleccionar más plantas y empezar de nuevo el proceso. Los desechos son transportados y acumulados en grandes cantidades cerca de la paila. Ahí se dejan secar para ser utilizados posteriormente y obtener un último beneficio de esta noble planta (figura 5b).

Una vez secos, los desechos son utilizados como combustible para mantener el fuego necesario en las pailas (figura 5c); esto permite un ahorro en combustible y el reciclaje de los desechos. Por otra parte, en ocasiones, y a falta de otro alimento, incluso algunos animales domésticos se alimentan de los restos vegetales de la candelilla después de ser procesada (figura 5d), lo cual podría llevar algún riesgo a la salud de los animales por el ácido sulfúrico empleado.



Figura 5. a) Retiro de los desechos de candelilla después de la extracción, b) acumulación de desechos de candelilla producto de la extracción de la cera, c) restos de candelilla utilizados como combustible para el calentamiento de las pailas en el proceso de extracción, d) desechos de candelilla usados como forraje para animales cuando no hay otro alimento.



Figura 6. Cera de candelilla no refinada (cerote).

REFINACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE LA CERA DE CANDELILLA

El proceso de refinación consiste en purificar el cerote y darle el color amarillento característico de la cera, además de eliminar las impurezas que lleva (figura 6). Este proceso consiste en fundir el cerote a una temperatura de 100°C para que, por evaporación, se elimine la humedad, además se agrega un poco de ácido sulfúrico a fin de que las impurezas se precipiten al fondo.

El producto en estado líquido es pasado a través de cedazos para filtración, logrando una pureza superior a 99%. Una vez solidificada la cera, es quebrada y envasada para su venta en el país o exportada a Estados Unidos, Japón, Alemania, Reino Unido e Italia, entre otros países.

Los procesos que utilizan los ejidatarios para la colecta y extracción de la cera son arcaicos e ineficientes, por lo que los rendimientos de extracción son bajos; un candelillero puede producir apenas alrededor de 50 kg de cera por mes, y su ingreso es de apenas unas decenas de pesos por kg de cera cruda.

LA CERA DE CANDELILLA

Las ceras, en términos químicos, son ésteres de ácidos grasos con alcoholes de peso molecular elevado. En la tabla I se presenta la composición química de la cera de candelilla (Schneider, 2009). Físicamente son partículas altamente insolubles en medios acuosos y a temperatura am-

biente se presentan en estado sólido y con dureza intermedia (Cabello-Alvarado *et al.*, 2013). Las ceras se producen en el interior de la planta y se depositan sobre la epidermis de los órganos expuestos a evapotranspiración, como tallos y hojas.

En su forma cruda (sin procesar), la cera de candelilla es de color café y cambia a amarillo después del refinado. Presenta una dureza intermedia entre la cera de carnauba y la de abeja. La proporción de sus componentes determina la dureza, impermeabilidad al agua, brillo y otras características como temperatura de fusión y permeabilidad al O₂ y CO₂. La cera de candelilla es sólida a 20°C y alcanza su punto de máxima viscosidad a los 80°C. El consumo de esta cera en alimentos se considera seguro (Cabello-Alvarado *et al.*, 2013).

USOS DE LA CERA DE CANDELILLA

En la época prehispánica la candelilla se utilizó para tensar arcos, curtir pieles y en preparaciones medicinales contra el dolor de muelas y como purgante. Durante la Colonia los españoles la utilizaron para elaborar velas, de ahí el nombre de candelilla (vela pequeña).

Durante la Segunda Guerra Mundial se usó para impermeabilizar y proteger de los mosquitos las telas de las tiendas de campaña, así como para proteger algunas partes de aviones y en la fabricación de explosivos; también se ha utilizado en la industria panadera y en el recubrimiento de quesos para su conservación. Otros usos de la cera de candelilla

Tabla I. Composición química de la cera de candelilla (Schneider, 2009).

Componente	Contenido % (w/w)
Hidrocarburos (C29, C31 y C33)	50-57
Nonacosano	2.5
Hentriacontano	46-46.5
Tritriacontano	2.5
Ésteres (C28, C30, C32 Y C34)	28-29
Ésteres y lactonas simples	20-21
Alcoholes, esteroides y resinas	12-14
Sitosterol y otros esteroides	7-8
Acetato de beta amirina	5-6
Ácidos libres	7-9
De cadena lineal	6-7
Humedad	0.5-2
Residuos inorgánicos	0.7

incluyen el recubrimiento de frutos como cítricos, aguacate, plátano, manzana y tomate, haciéndolos resistentes al transporte y almacenamiento (Alleyne y Hagenmaier, 2000; Saucedo Pompa *et al.*, 2007). También se utiliza en la fabricación de velas, tintas para papel carbón, crayones, engomados de papel, plásticos, cintas para máquina, cerillos, ceras selladoras, preparaciones farmacéuticas e industria dental para moldeo y fundido de piezas, barnices de color, lustradores de piso y muebles, renovadores de pintura, compuestos de hule, curtientes de cuero, aislantes eléctricos, entre otros (Villareal-Barrera, 1995).

Destaca también su uso en la industria de los cosméticos, dadas sus propiedades protectoras, siendo indispensable en la fabricación de lápices labiales, cremas corporales y pre-

paraciones para el cabello; por ser un buen plastificante se utiliza también en la fabricación de goma de mascar. Sus propiedades de retención de aceites le permiten conservar mejor los sabores. También se usa en recubrimientos de cartón, fabricación de crayones, pinturas, velas (pabilo), lubricantes, recubrimientos de papel, anticorrosivos, impermeabilizantes, fuegos artificiales, fundición y moldeo de precisión (Canales *et al.*, 2006; Álvarez Pérez *et al.*, 2015). Otros usos recientes incluyen la elaboración de biocombustible (Torres.Castro *et al.*, 2015), microencapsulamiento de fertilizantes de liberación controlada en agricultura, pulverización para el desarrollo de aditivos para plásticos y elaboración de materiales inteligentes para la conversión y almacenamiento de energía (Espinoza-Gonzalez y Arizmendi-Galaviz, 2021).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La planta de candelilla es un importante recurso forestal no maderable del norte de México con una extensa distribución en los matorrales desérticos, principalmente de tipo rosetófilo. Ha sido objeto de aprovechamiento no controlado durante más de 100 años, sobre todo para la extracción de cera, producto que presenta una alta demanda por sus numerosos usos en las industrias de alimentos, cosmética, eléctrica, medicinal, elaboración de artículos de limpieza y artículos escolares, entre otras aplicaciones. Las zonas candelilleras en el norte de México están habitadas por gente que en su mayoría sufre de pobreza extrema, donde el aprovechamiento de la candelilla es una de las pocas opciones que tienen los pobladores para generar ingresos económicos. Esta actividad implica un gran esfuerzo, trabajo y tiempo invertido para extraer la cera, por la cual reciben ingresos que difícilmente cubren sus necesidades básicas.

Por lo anterior, es importante la actualización tecnológica en los procesos de aprovechamiento de la candelilla, ya que a la fecha se siguen utilizando prácticamente los mismos métodos de hace un siglo. Esto sería de gran beneficio para los pobladores de las zonas rurales y podría ser un detonante para el crecimiento y desarrollo del desierto del norte de México.

Por otra parte, la explotación no planeada de este recurso vegetal ha mermado las poblaciones silvestres



de candelilla, particularmente en las extensiones de mayor aprovechamiento, provocando pérdida de la cubierta vegetal y desertificación, lo que afecta el ciclo hidrológico, saliniza los suelos, reduce la productividad, además de la pérdida de diversidad biológica, por lo que es urgente la restauración de estos ecosistemas. Para esto es importante establecer programas de aprovechamiento sustentable de la candelilla, acompañados de reforestación o plantaciones, donde se considere la reproducción por semilla para conservar la diversidad genética de la especie.

REFERENCIAS

- Alleyne, V., y Hagenmaier, R.D. (2000). Candelilla-shellac: an alternative formulation for coating apples. *HortScience*. 35(4):691-693.
- Álvarez-Pérez, O.B., Montañez, J., Aguilar, C.N. et al. (2015). Pectin-candelilla wax: an alternative mixture for edible films. *Journal of Microbiology. Biotechnology and Food Sciences*. 5(2):167-171. Doi:10.1541/jm-bfs.2015.5.2.167-171.
- Cabello-Alvarado, C.J., Sáenz-Galindo, A., Barajas-Bermúdez, L., et al. (2013). Cera de candelilla y sus aplicaciones. *Avances en Química*. 8(2):105-110.
- Canales E., Canales-Martínez, V., y Zamarrón, E.M. (2006). Candelilla, del desierto mexicano hacia el mundo. *Conabio. Biodiversitas*. 69:1-5.
- Cervantes-Ramírez, M.C. (1992). *Plantas de importancia económica en las zonas áridas y semiáridas de México. Plantas productoras de cera*. Universidad Autónoma de México. 125-137. Disponible en: <http://www.igeograf.unam.mx/instituto/publicaciones/temas-sel/plazorico/art6.pdf>.
- Espinoza-González, y Arizmendi-Galavíz. (2021). *Cera de candelilla y sus aplicaciones en materiales avanzados*. Disponible en: <https://ciqa.mx/CeraCandelilla.aspx>
- Flores-del Ángel, M.L. (2013). *Situación actual de las poblaciones de candelilla (Euphorbia antisyphilitica Zucc.). Inventario, su propagación sexual y asexual en el estado de Coahuila, México*. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. 117 p.
- Marroquín, I.S., Borja, G., Velázquez, R., et al. (1981). *Estudio ecológico dasonómico de las zonas áridas de norte de México*. 2ª Edición. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. 166 p.
- Muñoz-Ruiz, C.V., López-Díaz, S., Covarrubias-Villa, F., et al. (2016). Effect of abiotic stress conditions on the wax production in Candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.). *Rev. Latinoamérica de Química*. 44(1):26-33.
- Peña-Contreras, A.R. (1998). *Utilidad de algunas metodologías de análisis la interacción genotipo-ambiente en la medición de la tasa de recuperación, en el crecimiento de la candelilla (Euphorbia antisyphilitica, Zucc), bajo diferentes condiciones ecológicas*. Tesis M.C. Fitomejoramiento.
- Rojas-Molina, R., Saucedo-Pompa, S., De León-Zapata, M.A., et al. (2011). Pasado, presente y futuro de la candelilla (ensayo). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 2(6):7-18.
- Saucedo-Pompa S., Jasso-Cantú, D., Ventura-Sobrevilla J., et al. (2007). Effect of candelilla wax with natural antioxidants on the shelf life quality of fresh-cut fruits. *Journal of Food Quality*. 30:823-836.
- Soto-García, B.M. (2010). *Efecto del estado de maduración del fruto, el peso de la semilla y el tiempo de almacenamiento en la viabilidad y germinación de candelilla (Euphorbia antisyphilitica Zucc.)*. Tesis biólogo, Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. 78 p.
- Schneider, E. (2009). *Trade survey study on succulent Euphorbia species protected by CITES and used as cosmetic, food and medicine, with special focus on candelilla wax*. Convention on International Trade in endangered species wild fauna and flora, Eighteenth meeting of the Plants Committee, March, Buenos Aires, Argentina.
- Torres-Castro A., Garza-Navarro, M.A., Ortiz-Méndez, U. et al. (2015). Candelilla del semidesierto mexicano como fuente de biocombustible. *Ingenierías XVIII(69):22-29*.
- Vargas-Piedra, G., Valdez-Cepeda, R.D., López-Santos, A., et al. (2020). Current and future potential distribution of the xerophytic shrub candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) under two Climate change scenarios. *Forests*. 11:530. Doi:10.3390/f11050530.
- Velasco, H.A. (1991). *Las zonas áridas y semiáridas: sus características y manejo. Primera edición*. México: Editorial Limusa. 725 p.
- Villarreal-Barrera, A.R. (1995). *Pobreza y marginación de los productores de cera de candelilla*. Tesis ingeniero agrónomo en economía agrícola. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". División de Ciencias Socioeconómicas. Buenavista, Saltillo. 25-32.



SECCIÓN ACADÉMICA

**El Banco de Germoplasma de la Facultad
de Agronomía UANL, como patrimonio
etnobiológico del estado de Nuevo León**



El Banco de Germoplasma de la Facultad de Agronomía UANL, como patrimonio etnobiológico del estado de Nuevo León

Lidia Rosaura Salas-Cruz*, Francisco Zavala-García*, José Elías Treviño-Ramírez*, Jesús Andrés Pedroza-Flores*, Humberto Ibarra-Gil*, Maginot Ngangyo-Heya*

DOI: <http://cienciauanl.uanl.mx/?p=11216>

RESUMEN

El estado de Nuevo León muestra gran riqueza de especies vegetales debido a los relieves, climas y suelos contrastantes a lo largo de su territorio. Para conocer y estudiar dichas especies, en muchas ocasiones se requiere el resguardo en sitios especializados como bancos de germoplasma. El banco de germoplasma FA-UANL contribuye en ese sentido desde hace más de 40 años a conocer, resguardar y difundir el uso de especies agrícolas, principalmente anuales de importancia regional y nacional. En la colección base destacan variedades tanto criollas como comerciales de maíz, frijol, avena, trigo, sorgo. Además, se cuenta con variedades mejoradas de avena, trigo y sorgo, desarrolladas por investigadores de la misma Facultad y Universidad. Es una gran contribución al patrimonio biológico nacional que permite compartir germoplasma con otros bancos.

Palabras clave: Banco de Germoplasma, semillas, especies cultivadas, biodiversidad vegetal, conservación.

En los últimos años ha sido muy notorio el acelerado deterioro ambiental que trae como consecuencia un desequilibrio ecológico en los ecosistemas, dicha situación provoca, entre otras cosas, la pérdida de especies vegetales, y una de las medidas para evitarlo es el resguardo del material genético vegetal en bancos de germoplasma como una estrategia de conservación *ex situ*.

Los bancos de germoplasma son sitios para la conservación *ex situ* de material genético, principalmente semillas, aunque también pueden conservarse plántulas, tejidos, células somáticas, gametos, embriones, ácidos nucleicos, etc. Los métodos para preservar el germoplasma vegetal consisten en el control de temperatura (cuarto frío), humedad e iluminación, o bien pueden emplearse medios *in vitro* o por crioconservación.

ABSTRACT

The state of Nuevo León has a vast richness of plant species due to the contrasting reliefs, climates, and soils throughout its territory. In order to know and study these species, it is often necessary to keep them in specialized sites such as germplasm banks. The FA-UANL germplasm bank has contributed toward this regard for more than 40 years to know, protect and disseminate the use of agricultural species, mainly annual of regional and national importance. The base collection includes both native and commercial varieties of corn, beans, oats, wheat, and sorghum. In addition, there are improved varieties of oats, wheat, and sorghum, developed by researchers from the same department and university. It is a significant contribution to the national biological legacy that allows sharing germplasm with other banks.

Keywords: Germplasm Bank, seeds, crops, plant biodiversity, conservation.

Es a partir de los años sesenta que surgieron numerosos bancos de germoplasma en todo el mundo (Engels y Visser, 2007). Actualmente, el proyecto *Seeds of Discovery*, en una bóveda ubicada en una isla remota a medio camino entre Noruega y el Polo Norte, un grupo de científicos del Fondo Mundial para la Diversidad de Cultivos construyeron lo que se podría denominar la “copia de seguridad” de la biodiversidad agraria del planeta. Las semillas de los recursos genéticos almacenados en éste y otros bancos de germoplasma alrededor del mundo constituyen la base de la agricultura y la seguridad alimentaria y nutricional de la humanidad. Son la savia vital que nutre el desarrollo de variedades que rin-

* Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía.
Contacto: lidia.salascrz@uanl.edu.mx

den más y que son más resistentes a los efectos del cambio climático (Seeds of Discovery, 2017).

En México existen muchos bancos de germoplasma con variadas colecciones acorde a cada tipo de plantas desarrolladas en los diversos ambientes de nuestro país. Destacan las colecciones del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT, 2021) con más de 28,000 colecciones de semillas de maíz y 150,000 de trigo; en el Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY, 2021), se cuenta con una colección *ex situ* de alrededor de 1,500 muestras; el Banco Nacional de Germoplasma Vegetal (Bangev, 2021) cuya base de datos contiene 8,337 ejemplares; el Banco de Germoplasma del Maíz en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) tiene una capacidad de almacenamiento de 435 metros cúbicos y puede albergar hasta 100,000 muestras de maíz; el Centro Nacional de Re-

ursos Genéticos (CNRG, 2021) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), con una capacidad de almacenamiento de 800,000 accesiones de diferentes cultivos.

En Nuevo León se cuenta con un Banco de Germoplasma dentro del Campus Marín de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, que durante más de 40 años ha existido para el resguardo, conservación, utilización y mejoramiento de colecciones de semillas de cultivos, principalmente anuales de importancia regional y nacional. Dentro de las especies que se mantienen en la colección base destacan numerosas variedades tanto criollas como comerciales de maíz, frijol, avena, trigo y sorgo (figura 1). Además, se cuenta con variedades mejoradas de avena, trigo y sorgo que han sido desarrolladas por investigadores de la misma Facultad y Universidad (tabla I).



Figura 1. Colección de semillas en el Banco de Germoplasma de la Facultad de Agronomía-UANL. (A) y (B) Colección base, (C) muestra de semillas de maíz, (D) muestra de semillas en frascos de vidrio, (E) muestra de semillas de sorgo.

Tabla 1. Variedades de *Sorghum bicolor* (L.) Moench desarrolladas en la Facultad de Agronomía-UANL y resguardadas en el Banco de Germoplasma FA-UANL.

Variedad obtenida	Número de registro	Fecha	Obtentores
WHEATRO	1318	Marzo 2015	Francisco Zavala García, Héctor Williams Alanís, Gilberto Alanís Pérez, Héctor Reyes Romero, José Elías Treviño Ramírez, María del Carmen Rodríguez Vázquez.
MEXINDU	1319	Marzo 2015	
ROGER	1360	Agosto 2015	
7ROGER	1430	Diciembre 2015	
7KEY	1427	Diciembre 2015	
WYR	1429	Diciembre 2015	
TEMPLADA	1428	Diciembre 2015	
POTRANCA	1713	Junio 2017	
38ANE	1712	Junio 2017	

El Banco de Germoplasma FA-UANL tiene una capacidad de aproximadamente 200 m² de construcción repartidos en cuatro áreas: 1. Bóveda de conservación de colección base, 2. Recepción y cuarentena de semillas, 3. Laboratorio de Análisis de Calidad de Semillas y 4. Área de germinación. A continuación, se describen las características y actividades realizadas en cada una de las áreas.

1. Bóveda de conservación de colección base. Son dos espacios: el primero de ellos de aproximadamente 56 m³ acondicionado como cuarto frío para el resguardo de las colecciones de semillas a corto y mediano plazo. Mantiene una temperatura de entre 0 y 4°C, baja humedad relativa (<15%). En esta área se encuentra conservada una suma de 3,000 muestras de semillas en los cultivos de maíz y sorgo, colocadas en contenedores de vidrio, plástico o sobres de aluminio herméticamente sellados (figura 2). El sistema de enfriamiento es a través de un compresor que mantiene la temperatura mencionada, pero se carece de un generador auxiliar para casos de emergencia.

El otro espacio es una bóveda más grande con dimensiones aproximadas de 80 m³; sin embargo, esta bóveda carece de compresor, por lo que no funciona como cuarto frío de almacenamiento, actualmente sólo se emplea como lugar de almacenaje de alguna semilla

a granel. Ambos espacios, en sus paredes, cuentan con un recubrimiento de poliuretano de aproximadamente 4" de espesor, que les ayuda a mantener la temperatura baja (figura 3).

2. Recepción y cuarentena de semillas. Es un área en donde son recibidas las muestras de semilla antes del ingreso a la colección base, durante el periodo de recepción se registran los datos de procedencia; el lugar también se utiliza para el manejo de semilla para evitar cambios bruscos de temperatura.
3. Laboratorio de Análisis de Calidad de Semillas. Cuenta con equipos necesarios para realizar algunas de las pruebas estándar de calidad de semillas, como el test de germinación, velocidad de germinación, prueba de viabilidad con tetrazolio, test de envejecimiento acelerado, determinación de pureza, porcentaje de humedad. La infraestructura, en términos de equipo, básicamente se circunscribe a cristalería, balanzas y determinadores de humedad y secado de muestras (figura 4).
4. Área de germinación. Es un espacio acondicionado para realizar pruebas de germinación en condiciones controladas, pero el área requiere mayor atención dadas las condiciones por la falta de manejo continuo.



Figura 2. Muestras de semillas colocadas en diferentes contenedores.



Figura 3. Espacios de la bóveda de conservación de la colección base. A) Cuarto frío, B) espacio de almacenaje.



Figura 4. Laboratorio de Análisis de Calidad de Semillas. Algunos equipos utilizados en las pruebas de calidad.

Cabe mencionar que la documentación del germoplasma se realiza en libros de campo, con informaciones de datos de pasaporte de las colectas. Sin embargo, lo ideal sería el uso de algún software o programa de cómputo para tener una base de datos digitalizada de las colecciones de semillas, acorde a los lineamientos nacionales (Conabio) e internacionales (*Seeds of Discovery*), para tal fin se gestionan los recur-

sos necesarios que permitan el acceso a una mayor cantidad de personas interesadas en el germoplasma resguardado. En la tabla II se mencionan algunos de los trabajos de investigación desarrollados en el Banco de Germoplasma o como apoyo en el incremento de las colecciones de semillas resguardadas en los últimos años.

Tabla II. Trabajos de investigación relacionados con el Banco de Germoplasma FA-UANL en los últimos años.

Tipo de investigación	Año	Título	Autor
Proyecto Conabio	2012	Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo en Nuevo León. <i>Bases de datos SNIB-Conabio</i> , proyecto FZ015.	Zavala García, F.
Artículo científico	2016	Aptitud combinatoria y heterosis entre líneas de dos tipos de maíz para grano. <i>Interciencia</i> . 41(1):47-54.	Rodríguez-Pérez, G., Zavala-García, F., Treviño-Ramírez, J.E., Ojeda-Zacarias, C., Mendoza-Elos, M., Herrera, S.A.R., & Ortiz, F.C.
Artículo científico	2016	Selection strategies of full-sib families in two landraces corn populations. <i>Phyton, International Journal of Experimental Botany</i> . 85:194-202.	Rodríguez Pérez, G., Zavala García, F., Gutiérrez Diez, A., Treviño Ramírez, J.E., Ojeda Zacarias, M.C., & Mendoza Elos, M.
Artículo científico	2016	Water stress effect on cell wall components of maize (<i>Zea mays</i>) Bran. <i>Notulae Scientia Biologicae</i> . 8(1):81-84.	Eleazar, L.C., Picã, F.J., AS-Orona, V.U., Guez-Fuentes, H.R., Vidales-Contreras, J.A., Carranza-De La Rosa, R., & Guillermo, N.O.
Artículo científico	2016	Estrategias de selección en familias de hermanos completos en dos poblaciones de maíces criollos. <i>Phyton</i> (Buenos Aires). 85(2):194-202.	Rodríguez Pérez, G., Zavala García, F., Gutiérrez Diez, A., Treviño Ramírez, J.E., Ojeda Zacarias, M.C., Mendoza Elos, M.
Artículo científico	2017	Flavonoid type soluble phenolics and antioxidant capacity in creole pigmented maize (<i>Zea mays</i>) genotypes. <i>ITEA</i> . 113(4):325-334.	Quintanilla-Rosales, V.L., Galindo-Luna, K., Zavala-García, F., Pedroza-Flores, J.A.; Heredia, J.B., Urías-Orona, V., Muy-Rangel, M.D., & Niño-Medina, G.
Artículo científico	2017	Características agronómicas asociadas a la producción de bioetanol en genotipos de sorgo dulce. <i>Agronomía Mesoamericana</i> . 28(3):549-563.	Williams-Alanís, H., Zavala-García, F., Arcos-Cavazos, G., Rodríguez-Vázquez, M.D.C., & Olivares-Sáenz, E.
Artículo científico	2018	Somatic embryogenesis induction from immature embryos of <i>Sorghum bicolor</i> L. (Moench). <i>Phyton</i> . 87:105.	Ea, E.S., Sánchez-Peña, Y.A., Torres-Castillo, J.A., García-Zambrano, E.A., Ramírez, J.T., Zavala-García, F., & Sinagawa-García, S.R.
Artículo científico	2018	Exploración de germoplasma nativo de maíz en Nuevo León, México. <i>Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas</i> . 5(SPE8):1477-1485.	Acosta-Díaz, E., Zavala-García, F., Valadez-Gutiérrez, J., Hernández-Torres, I., Amador-Ramírez, M., Padilla-Ramírez, J.
Artículo científico	2018	Las especies silvestres de <i>Phaseolus</i> (<i>Fabaceae</i>) en Nuevo León, México. <i>Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas</i> . 5(SPE8):1459-1465.	Acosta-Díaz, E., Hernández-Torres, I., Amador-Ramírez, M.D., Padilla-Ramírez, J., Zavala-García, F.
Proyecto Prodep	2018	Caracterización, conservación y aprovechamiento de especies forrajeras en zonas áridas del noreste de México mediante Banco de Germoplasma.	Salas-Cruz, L.R.

Artículo científico	2018	Estimación de componentes genéticos en Líneas endogámicas de maíz (<i>Zea mays</i> L.). <i>Agrociencia</i> . 53(2):245-258.	Rodríguez-Pérez, G., Zavala-García, F., Treviño-Ramírez, J.E., Ojeda-Zacarías, C., Mendoza-Elos, M., Cervantes-Ortiz, F., Gámez-Vázquez, A.J., Andrio-Enríquez, E., Torres- Flores, J.L.
Artículo científico	2018	The Effect of Drought Stress on Nutritional Properties of <i>Zea mays</i> Bran. <i>Gesunde Pflanzen</i> . 70(4):179-184.	Lugo-Cruz, E., Zavala-García, F., Rodríguez-Fuentes, H., Urías-Orona, V., Vidales-Contreras, J.A., Carranza-De La Rosa, R., & Niño-Medina, G.
Artículo científico	2019	Estado de conservación de once especies de frijol silvestre (<i>Phaseolus</i> spp. <i>Fabaceae</i>) en el noreste de México. <i>Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas</i> . 10(2):417-429.	Báez-González, A., Acosta-Díaz, E., Padilla-Ramírez, J., Almeyda-León, I., Zavala-García, F.
Tesis de doctorado	2019	Caracterización del contenido nutricional, compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante de maíces pigmentados (<i>Zea mays</i> L.) nativos del sur de Nuevo León. Doctorado en Ciencias Agrícolas. Facultad de Agronomía, UANL.	Rodríguez-Salinas, P.A.
Artículo científico	2020	Characterization of Trehalose-6-phosphate Synthase and Trehalose-6-phosphate Phosphatase Genes and Analysis of its Differential Expression in Maize (<i>Zea mays</i>) Seedlings under Drought Stress. <i>Plants</i> . 9(3):315.	Acosta-Pérez, P., Camacho-Zamora, B.D., Espinoza-Sánchez, E.A., Gutiérrez-Soto, G., Zavala-García, F., Abraham-Juárez, M.J., & Sinagawa-García, S.R.
Artículo científico	2020	Identification of predatory and parasitoid insect species associated with <i>Melanaphis sacchari</i> (Hemiptera: <i>Aphididae</i>), a <i>Sorghum</i> pest in Nuevo León, Mexico. <i>Florida Entomologist</i> . 103(1):145-147.	Jaimés-Orduña, J., Tamez-Guerra, P., Zavala-García, F., & Pérez-González, O.
Artículo científico	2020	Evaluation of the Use of Energy in the Production of Sweet Sorghum (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench) under Dierent Production Systems. <i>Energies</i> . 12(9):1713.	López-Sandín, I., Gutiérrez-Soto, G., Gutiérrez-Díez, A., Medina-Herrera, N., Gutiérrez-Castorena, E., & Zavala-García, F.
Proyecto PAI-CyT UANL	2020	Banco de Germoplasma de especies nativas y naturalizadas de Nuevo León. Programa de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica (PAICyT). Clave: CT1114-20.	Salas-Cruz, L.R.
Tesis de maestría	2020	Evaluación fisiológica y de compuestos bioactivos en maíces nativos ante estrés de temperatura y sequía. Maestría en Ciencias en Producción Agrícola. Facultad de Agronomía, UANL.	Ayala Meza, C.J.

Artículo científico	2020	Termotolerancia en líneas de sorgo [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench] para grano. <i>Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas</i> . 11(1):221-227.	Galicia-Juárez, M., Sinagawa-García, S., Gutiérrez-Diez, A., Williams-Alanís, H., Zavala-García, F.
Tesis de maestría en proceso	2020	Exploración de razas de maíz (<i>Zea mays</i>) en búsqueda de diferentes citoplasmas para el uso en mejoramiento genético y programas de formación de híbridos. Maestría en Ciencias en Producción Agrícola. Facultad de Agronomía, UANL.	Domínguez-Gándara, R.A.
Tesis de maestría en proceso	2020	Evaluación fenotípica y bioquímica del maíz bajo la aplicación de nanopartículas. Maestría en Ciencias en Producción Agrícola. Facultad de Agronomía, UANL.	Espinoza-Alonso, Á.

La conservación de la riqueza fitogenética regional y nacional es de suma importancia para asegurar la disponibilidad y variedad de especies de importancia alimentaria para las generaciones futuras. Mediante la conservación *ex situ* en bancos de germoplasma se asegura una conservación a largo plazo de especies subvaloradas y subutilizadas en instalaciones con adecuadas condiciones de almacenamiento, tanto de temperatura como de humedad relativa (Aragón y De la Torre, 2015). El Banco de Germoplasma FA-UANL contribuye en ese sentido a conocer, resguardar y difundir el uso de las especies agrícolas, variedades, razas, etc., que permiten contar con alimentos de calidad. Es también una gran contribución al patrimonio biológico nacional debido a la posibilidad de compartir material genético con otros bancos de germoplasma y aumentar las colecciones respectivas.

REFERENCIAS

- Aragón, C.F., y De la Torre, F. (2015). Conservación de las especies subvaloradas como recursos genéticos agrícolas. *Revista Digital Universitaria UNAM*. 16(5):1-13. <http://www.revista.unam.mx/vol.16/num5/art37/BANGEV>, UACH. (2021). *Banco Nacional de Germoplasma Vegetal, México*. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/bangev-uach.html>
- CICY. (2021). *Banco de Germoplasma*. Disponible en: <https://www.cicy.mx/sitios/germoplasma>
- CIMMYT. (2021). *Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo*. Disponible en: <https://www.cimmyt.org/es/>
- CNRG. (2021). *Centro Nacional de Recursos Genéticos*. Disponible en: <https://vun.inifap.gob.mx/portalweb/Centros?C=007>
- Engels, J., y Visser, L. (2007). *Guía para el manejo eficaz de un banco de germoplasma-manuales de Bioersity para bancos de germoplasma*. No. 6 (No. 6). Bioersity International.
- FAO. (2014). *Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome: Rev. ed. Pp. 166.
- Seeds of Discovery. (2007). *Seeds of Discovery*. Disponible en: <https://seedsofdiscovery.org/>



Curiosidad



CURIOSIDAD

¿SABES A DÓNDE VAN LOS OSOS SILVESTRES?, APLICACIONES DE LA RADIOTELEMETRÍA

CUANDO EL ESTRÉS LLEVA AL DIVORCIO: LA SIMBIOSIS ALGACORAL Y EL BLANQUEAMIENTO CORALINO

¿SABES A DÓNDE VAN LOS OSOS SILVESTRES?, APLICACIONES DE LA RADIOTELEMETRÍA

ZULEYMA ZARCO-GONZÁLEZ*, OCTAVIO MONROY-VILCHIS*, ROGELIO CARRERA-TREVIÑO**



Hoy en día podemos apreciar el avance de la tecnología en los teléfonos inteligentes, los autos, las computadoras, incluso en las herramientas utilizadas en la investigación científica. El adelanto en los campos científicos y tecnológicos nos permite saber casi en tiempo real hacia dónde camina un oso, un lobo, un jaguar, hacia dónde vuela un águila, o hacia dónde nada una tortuga, ¿alguna vez lo imaginaron?

Los métodos tradicionales de monitoreo de animales silvestres, como el rastreo, que consiste en la búsqueda de huellas, excrementos (figura 1), o cualquier otro indicio de presencia (Aranda, 2012), o la colocación de cámaras

* Universidad Autónoma del Estado de México.

**Universidad Autónoma de Nuevo León.

Contacto: zuleyma.zarco.g@gmail.com

trampa en las orillas de los caminos (foto-trampeo), nos permiten saber por dónde pasó un animal y conocer sus patrones generales del uso del tiempo y el espacio.

Pero, ¿por qué es tan importante conocer detalladamente el movimiento de las especies? Bueno, porque las tasas y patrones de movimiento de los animales en un lugar determinado están relacionados con procesos ecológicos esenciales para el funcionamiento de los ecosistemas. Por ejemplo, los animales en movimiento son dispersores potenciales de polen, semillas, enfermedades y hasta de otros animales. Por lo tanto, con el movimiento van delineando espacio-temporalmente las interacciones ecológicas entre los organismos, como la depredación, parasitismo, entre otras (Kays *et al.*, 2015).

En la actualidad, la tecnología GPS (sistema de posicionamiento global), que utilizamos frecuentemente para llegar a algún sitio, se está aplicando también en el monitoreo de animales silvestres como una herramienta llamada radiotelemetría.

La radiotelemetría es la transmisión a distancia de información desde un transmisor colocado en la especie de interés hacia un receptor. Inicialmente, su uso se limitaba a animales de gran porte, ya que los dispositivos eran pesados y la cantidad de datos era reducida, debido a que las baterías de los equipos duraban sólo algunas horas (Hidalgo-Mihart y Olivera-Gómez, 2011).

Pero, las mejoras en cuanto al tamaño de los dispositivos actualmente permiten que se utilicen en animales tan pequeños como una tortuga recién eclosionada hasta grandes mamíferos, como jaguares, osos o elefantes. Ahora es posible recopilar datos de la ubicación geográfica de especies migratorias, o de animales que anteriormente eran demasiado pequeños para portar dispositivos GPS y otras especies difíciles de estudiar y seguir en campo, como los grandes felinos.



Figura 1. Excreta de oso negro (imagen: Laboratorio de Fauna Silvestre de la FMVZ-UANL).

VENTAJAS DE LA RADIOTELEMETRÍA

Una de las principales ventajas que brinda la radiotelemetría es que, al colocar un GPS en la especie objetivo, durante la captura del individuo, se puede obtener información adicional sobre su estado de salud, edad y sexo (figura 2).

Una vez que se coloca y se activa el dispositivo GPS (figura 3), éste nos permitirá saber hacia dónde va y, dependiendo del tipo de sensores, también podemos conocer su frecuencia cardíaca mientras realiza sus actividades o incluso saber con qué otras especies se relaciona, en caso de tener más individuos monitoreados con esta tecnología. La información puede ser tan detallada como el investigador desee, esto dependerá de las preguntas que se quieran responder a través de los datos recabados.

En algunos estudios incluso se ha obtenido información sobre la respuesta fisiológica y cardíaca frente a distintas situaciones de estrés generalmente provocadas por actividades humanas (Signer *et al.*, 2010; Ditmer *et al.*, 2018).

Otra de las ventajas es que el animal no tiene que ser recapturado para acceder a los datos almacenados, ahora es posible descargarlos de manera remota directamente a un teléfono celular y los dispositivos pueden desprenderse del animal de forma automática después de cierto tiempo (Kays *et al.*, 2015).



Figura 2. A) Oso capturado en trampa tipo Cambrian. B) Búsqueda de parásitos externos y C) medición de colmillos (imágenes: Laboratorio de Fauna Silvestre de la FMVZ-UANL).



Figura 3. Colocación de un collar con un dispositivo GPS (imagen: Laboratorio de Fauna Silvestre de la FMVZ-UANL).

RADIOTELEMETRÍA EN MÉXICO

En México, investigadores de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en colaboración con investigadores de la Universidad Autónoma del Estado de México y la Secretaría del

Medio Ambiente de Coahuila están utilizando, desde hace algunos años, esta tecnología para el monitoreo de individuos de oso negro (*Ursus americanus*), principalmente en Coahuila y Nuevo León.

Esta especie está catalogada en peligro de extinción en México (NOM-059-Semarnat-2010), las principales amenazas a lo largo de su distribución son el desarrollo residencial y comercial, la cacería, los diferentes conflictos con los humanos y el incremento en la densidad de carreteras (Garshelis *et al.*, 2016).

Los conflictos con osos se clasifican en rural, urbano y recientemente se han incluido en el conflicto fauna-carreteras. En zonas agrícolas, estos conflictos se presentan cuando entran a los cultivos de manzana,

maíz o apiarios (figura 4), o cuando depredan animales domésticos como borregos o chivos. Esta situación provoca pérdidas económicas para el productor-agricultor y en ocasiones el oso es cazado en represalia. Otra situación de conflicto es la que se presenta en zonas urbanas, cuando los úrsidos acuden a los basureros cercanos a las ciudades o a los parques ecoturísticos para alimentarse (Carrera-Treviño *et al.*, 2018; Baruch-Mordo *et al.*, 2008).

APLICACIONES POTENCIALES DE LA TELEMETRÍA

La información que se obtiene a partir de los dispositivos GPS puede ser utilizada para saber ¿qué características tienen los lugares que los osos



Figura 4. A) Buscando comida en basureros, B) dentro de la FCC-UANL, y C) atropellado (imágenes tomadas de Internet).

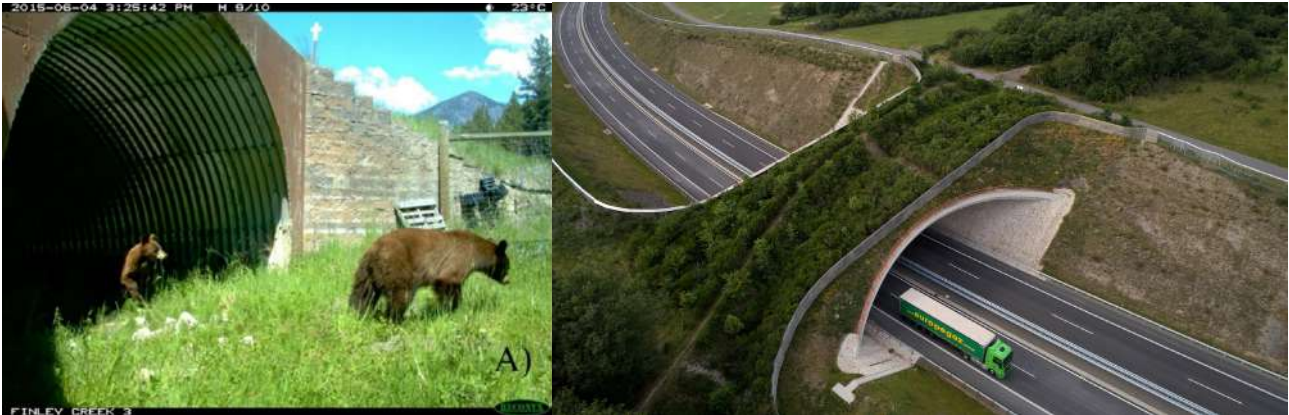


Figura 5. Tipos de pasos de fauna para grandes mamíferos, A) paso subterráneo y B) paso elevado (imágenes tomadas de Internet).

prefieren visitar?, en el caso de los conflictos urbano y rural. Una vez que se conozcan las características de los sitios, podremos proponer estrategias para evitar que se acerquen y así generar beneficios en dos sentidos, es decir, mantenerlos seguros tanto ellos como a los humanos.

Y para el conflicto en carreteras, podemos caracterizar los sitios que utilizan para cruzar las carreteras. Esta información es importante, ya que nos puede ayudar a ubicar sitios estratégicos en donde colocar estructuras para que los humanos y la fauna silvestre puedan cruzar seguros. Dichas estructuras se conocen como pasos de fauna y pueden ser elevados o subterráneos (figura 5). A pesar de que estas estrategias se han aplicado en otros países desde hace algunos años, en México faltan estudios que nos indiquen cuáles son los lugares más adecuados para mitigar el impacto de las carreteras sobre las poblaciones de fauna silvestre. Considerando que la población humana sigue en aumento y que la fauna continúa disminuyendo, es importante que parte de las investigaciones que se desarrollan actualmente y las del futuro tomen

en cuenta ¿cómo distribuiremos los espacios?, ¿quién pasará por arriba y quién por debajo?

CONCLUSIONES

La radiotelemetría actualmente es una herramienta muy útil y con mucho potencial en diferentes campos, por ejemplo, para el seguimiento de animales silvestres, la planeación de infraestructura humana y la resolución de conflictos entre humanos y fauna silvestre.

REFERENCIAS

Aranda-Sánchez, J.M. (2012). *Manual para el rastreo de mamíferos silvestres en México* (No. 599 A7). México: Conabio.

Baruch-Mordo, S., Breck, S.W., Wilson, K.R., *et al.* (2008). Spatiotemporal distribution of black bear-human conflicts in Colorado, USA. *The Journal of Wildlife Management*. 72(8):1853-1862.

Baruch-Mordo, S., Wilsin, K.R., Lewis, L.D., *et al.* (2014). Stochasticity in natural forage production affects use of urban areas by black bears: implica-

tions to management of human-bear conflicts. *PLoS ONE*. 9:e85122.

Carrera-Treviño, R., Zarco-González, M.M., Castillo, N.M., *et al.* (2018). Manejo y conservación del oso negro (*Ursus americanus*) en México. En: O. Monroy, V. Urios, y M. Zarco. Situación actual de los grandes depredadores. Colofón: México.

Garshelis, D.L., Scheick, B.K., Doan-Crider, D.L., *et al.* (2016). *Ursus americanus* (versión de errata publicada en 017). *La lista roja de especies amenazadas de la UICN 2016: e.T41687A114251609*. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T41687A45034604.en>

Kays, R., Crofoot, M.C., Jetz, W., *et al.* (2015). Terrestrial animal tracking as an eye on life and planet. *Science*. 348(6240):aaa2478.

Hidalgo-Mihart, M.G., y Olivera-Gómez, L.D. (2011). Radio telemetría de vida silvestre. *Manual de Técnicas para el estudio de la Fauna*. 178.

Signer, C., Ruf, T., Schober, F., *et al.* (2010). A versatile telemetry system for continuous measurement of heart rate, body temperature and locomotor activity in free-ranging ruminants. *Methods in Ecology and Evolution*. 1(1):75-85

CUANDO EL ESTRÉS LLEVA AL DIVORCIO: LA SIMBIOSIS ALGA-CORAL Y EL BLANQUEAMIENTO CORALINO

TANIA ISLAS-FLORES*,
ESTEFANÍA MORALES-
RUIZ*

Los arrecifes de coral son uno de los ecosistemas marinos más diversos y productivos, los cuales proporcionan sustento a una amplia variedad de especies y a las actividades relacionadas con los servicios ambientales del arrecife – como la pesca y el turismo– que generan ingresos de gran importancia económica. Los organismos que principalmente dan estructura al arrecife son los corales. A pesar de que viven en aguas marinas pobres en nutrientes (oligotróficas), los corales viven y prosperan gracias a su asociación con microalgas unicelulares fotosintéticas, las cuales les proveen hasta 95% de los nutrientes que necesitan; de hecho, sin esta relación los arrecifes de coral no existirían (Davy *et al.*, 2012).

* Universidad Nacional Autónoma de México.
Contacto: tislasmf@gmail.com, esmoru@gmail.com

En las últimas décadas se ha observado un aumento en la mortandad masiva de corales, conocida como *blanqueamiento*, resultado de la pérdida de sus microalgas, o a que éstas pierden sus pigmentos fotosintéticos. Esto a su vez se debe a perturbaciones en el ambiente, como cambios de pH, así como aumento o descenso anormales en la temperatura y la irradiación solar. El blanqueamiento coralino puede ser reversible, es decir, que las microalgas pueden establecerse de nuevo en el coral si las condiciones vuelven a ser favorables dentro de un lapso corto. Estudiar esta relación microalga-coral es de suma importancia para establecer estrategias de protección con la finalidad de preservar los arrecifes, ya que el conocimiento generado permite establecer planes efectivos para mitigar el efecto de estresores que modifican la relación simbiótica.

LOS CORALES

Los arrecifes de coral agrupan distintas especies de animales, entre los que destacan los cnidarios como los principales formadores de estructuras. Los cnidarios son un grupo de hasta 10,000 animales acuáticos, entre los que se encuentran, además de corales, anémonas y medusas. El nombre cnidario se debe a que estos animales poseen células urticantes llamadas cnidocitos, las cuales les sirven para defenderse y cazar su alimento.

Los corales son animales coloniales, es decir, agrupan múltiples seres vivos organizados y conectados, conocidos como pólipos. Los pólipos son parecidos a las anémonas, en su

estructura se distingue un anillo de tentáculos rodeando la boca que corona la cavidad corporal (figura 1A). Los pólipos de corales escleractinios o corales duros secretan carbonato de calcio con el que forman el esqueleto que da lugar a la estructura de los arrecifes. La manera en la que crecen y se distribuyen los pólipos da como resultado la amplia diversidad de corales que se conocen (Rodríguez-Troncoso, 2014).

La luz, la temperatura y la profundidad son factores abióticos que tienen influencia en la tasa de crecimiento de los corales (Baker y Weber 1975). Sin embargo, los corales son de crecimiento muy lento, pueden crecer, en promedio, entre 1 y 7 cm anuales según la especie y su ubicación geográfica. Asimismo, su reproducción se da sólo una o dos veces al año. Su lento crecimiento y reproducción representan un reto para la restauración y los programas de protección, ya que para que se forme una gran área de arrecife pueden pasar hasta cientos de años, mientras que el blanqueamiento y muerte ocurre en semanas.

La mayoría de los corales forman una asociación con unas microalgas unicelulares dinoflageladas de la familia *Symbiodiniaceae*, de las cuales obtienen los nutrientes necesarios para su metabolismo, crecimiento, reproducción y desarrollo, así como su color marrón característico. A esta interacción microalga-coral se le conoce como simbiosis mutualista, ya que perdura a lo largo del tiempo y ofrece beneficios para ambas especies.



LAS MICROALGAS ENDOSIMBIONTES

Las microalgas que se asocian con los corales hacen fotosíntesis, y gracias a sus pigmentos fotosintéticos (clorofila y carotenoides) son de color amarillo-marrón (figura 1B).

Estas microalgas simbióticas pueden vivir dentro de las células de diversos cnidarios –por lo que se les llama endosimbiontes–, pero también pueden vivir libremente en el agua. De tal modo que tienen dos formas de vida: como un coco inmóvil cuando hacen simbiosis y como una célula flagelada en vida libre.

Cuando viven en simbiosis proveen a su hospedero con fuentes de carbono (principalmente glicerol y glucosa) derivadas de la fotosíntesis que realizan, y a cambio reciben algunos nutrientes (nitrógeno y fósforo), CO_2 , y una posición privilegiada con acceso al sol y a salvo de depredadores.

Como se mencionó con anterioridad, la simbiosis coral-microalga es crucial para la vida y el mantenimiento del coral, y por ende del arrecife entero. Existe evidencia de que esta simbiosis ocurre desde hace 240 millones de años, y es tan estrecha que se propone que ambos organismos han evolucionado juntos y que, incluso, fue gracias a su asociación que se pudieron formar los arrecifes de coral. Esta asociación es tan importante que cuando las microalgas abandonan al coral, o son incapaces



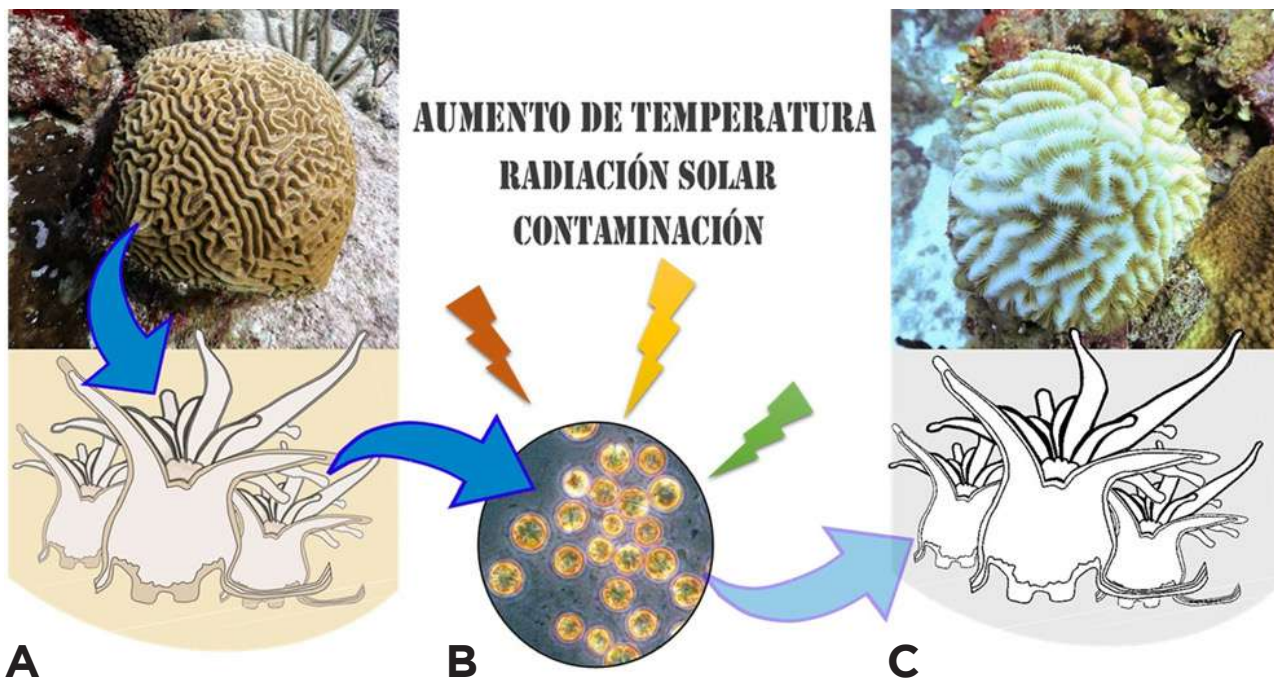


Figura 1. Colonias de coral *Pseudodiploria strigosa* sana (A) y blanqueada (B). (A) En la parte superior se muestra una colonia de coral *P. strigosa* color café-marrón, indicativo de que se encuentra en estado saludable. En la parte inferior se representan tres pólipos con sus tentáculos rodeando la boca central, el color café indica la presencia de su simbiote (B). (C) La colonia de coral *P. strigosa* en la parte superior se observa casi en su totalidad blanca, lo que indica que perdió sus simbiontes debido a algún estrés; en la parte inferior se muestran pólipos blanqueados que no contienen simbiontes (fuente: imágenes cortesía de Esmeralda Pérez Cervantes).

de realizar fotosíntesis, el coral muere y pierde su color –se blanquea–, dado que los pigmentos fotosintéticos del alga son los que dan su color (figura 1C).

El fenómeno de blanqueamiento es resultado de la afectación de la simbiosis por algún estresor, que puede ser químico, físico o biológico. El mecanismo principal del blanqueamiento es la expulsión de la microalga endosimbionte que, dependiendo de la severidad y duración del estrés, puede ser seguida de la propia destrucción del coral. La severidad del blanqueamiento depende de la duración e intensidad del estrés, y puede ser reversible si hay suficiente alga en vida libre cerca del coral y se disminuyen los factores estresantes.

El blanqueamiento representa un grave problema para la salud y la supervivencia de los arrecifes de coral, pues los corales son los principales constructores y proveen la estructura física que sostiene este ecosistema. De manera importante, los eventos de blanqueamiento han aumentado en las últimas décadas, como consecuencia directa del calentamiento y acidificación de los océanos, la contaminación y las prácticas de pesca agresivas.

En México, existen arrecifes de coral en las costas del océano Pacífico (Baja California Sur y Norte, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca), las costas de Veracruz y Campeche, y la costa oriental de la península de Yu-

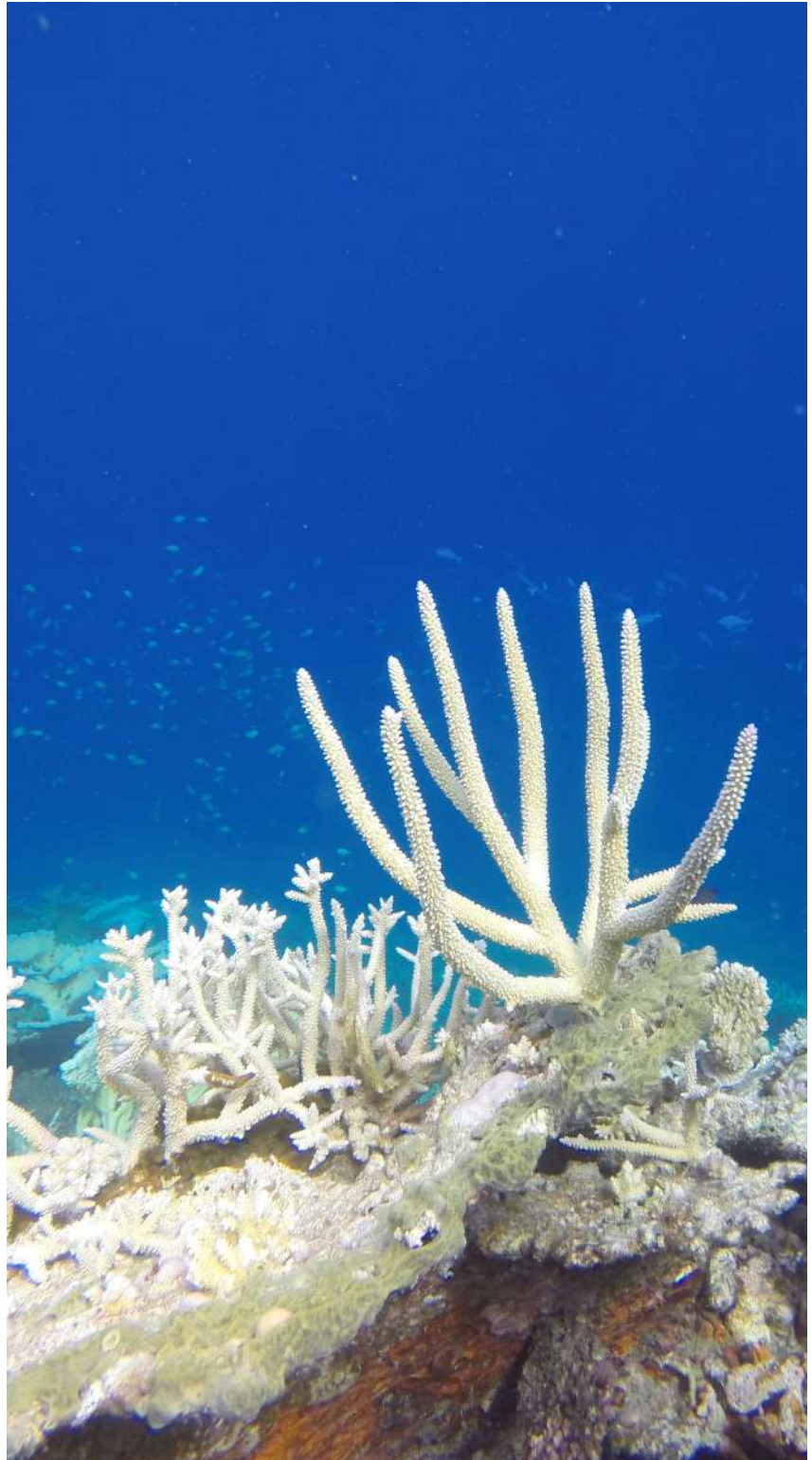
catán, desde Isla Contoy hasta Banco Chinchorro, donde se encuentra el Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), la segunda barrera arrecifal más grande del mundo.

Específicamente, en las costas de Quintana Roo se han reportado colonias de corales que sufren entre 50 y 90% de blanqueamiento. Esto se debe al crecimiento en la población y el aumento del turismo, que impactan en la calidad del agua y la explotación del SAM. Por otro lado, también se ha demostrado una leve recuperación de estos corales (Elías-Ilosvay, 2020). A pesar de estos datos positivos, se prevé que los factores antropogénicos seguirán perturbando los arrecifes de coral, por lo que es importante mitigar y dis-

minuir las actividades humanas para proteger y preservar este importante ecosistema. Por ejemplo, en el Parque Nacional del Sistema Arrecifal Veracruzano se estableció una estrategia de restricción de acceso y pesca a zonas del arrecife para ayudar a conservar la relación simbiótica microalga-coral y evitar el blanqueamiento (Ortiz-Lozano, 2009).

REFERENCIAS

- Baker, P.A., y Weber, J.N. (1975). Coral growth rate: Variation with depth. *Earth and Planetary Science Letters*. 27(1):57-61. doi.org/10.1016/0012-821X(75)90160-0
- Davy, S.K., Allemand, D., y Weis, V.M. (2012). Cell biology of cnidarian-dinoflagellate symbiosis. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 76(2):229-261.
- Elías-Ilosvay, X.E., Contreras-Silva, A.I., Álvarez-Filip, L., et al. (2020). Coral Reef Recovery in the Mexican Caribbean after 2005 Mass Coral Mortality-Potential Drivers. *Diversity*. 12(9):338.
- Ortiz-Lozano, L., Granados-Barba, A., y Espejel, I. (2009). Ecosystemic zonation as a management tool for marine protected areas in the coastal zone: Applications for the Sistema Arrecifal Veracruzano National Park, Mexico. *Ocean & Coastal Management*. 52(6):317-323.
- Rodríguez-Troncoso, A.P., y Tortolero-Langarica, J.D.J.A. (2014). Corales: organismos base constructores de los ecosistemas arrecifales. En J.L. Cifuentes Lemus, F.G. Cupul-Magaña (eds). *Temas sobre investigaciones costeras*. (Pp. 33-55). México: Universidad de Guadalajara.





LA IMPORTANCIA DEL CONTEXTO Y LOS CONOCIMIENTOS LOCALES PARA LA INVESTIGACIÓN Y EVALUACIÓN.

ENTREVISTA AL DOCTOR AURELIO LEÓN MERINO

MARÍA JOSEFA SANTOS CORRAL*

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



El doctor León Merino es ingeniero agrónomo por la Universidad Autónoma de Chapingo, con especialidad en Economía Agrícola. Tiene una maestría en Economía en la Universidad de las Américas, Puebla, y un doctorado en Economía Aplicada por la Universidad de Alcalá, en España. Desde 1992 es académico del Colegio de Postgraduados (Colpos), donde, a partir de su experiencia y formación académica, pasó de investigador auxiliar adjunto a profesor investigador asociado, realizando tres actividades sustantivas: enseñanza, investigación y vinculación. Los temas que trabaja están relacionados con la evaluación socioeconómica de programas y proyectos de desarrollo rural que van de la explotación forestal y ganadera a la transformación de productos artesanales. Sobre los temas anteriores, el doctor León ha publicado artículos científicos, capítulos de libros y ha graduado estudiantes de maestría y doctorado. Además de su trabajo académico, ha participado en diversas evaluaciones socioeconómicas de proyectos y programas de desarrollo rural, financiados tanto por el gobierno mexicano como por organismos internacionales, como el Banco Mundial y Fundación W.K. Kellogg. Ha sido vocal del Programa de Posgrado en Estudios del Desarrollo Rural (2015-2016) y coordinador del mismo programa (2017-2018).



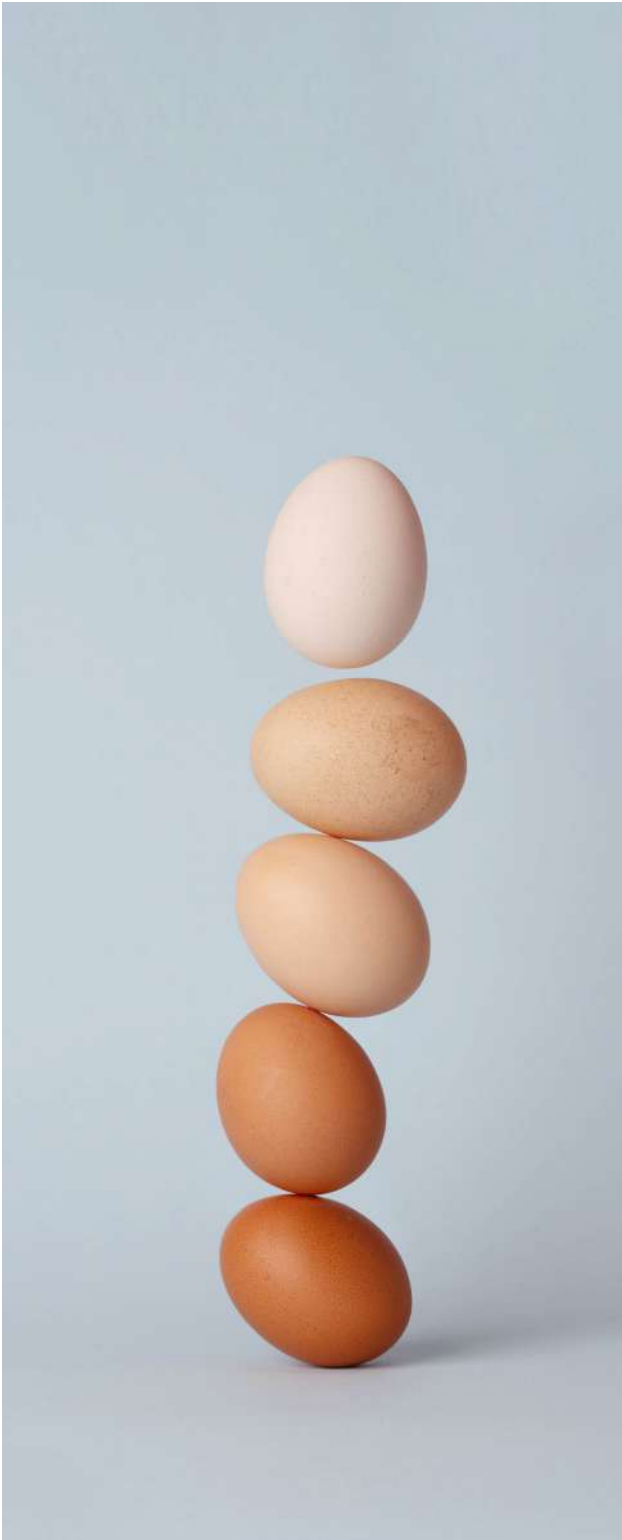
¿Qué lo lleva a decidirse por una carrera ligada a la investigación?

Para responder a esta pregunta puedo señalar que mi actividad en el Colpos ha estado ligada a la investigación y a la vinculación desde 1992, año en el que ingresé a la institución, donde fui contratado para realizar y apoyar proyectos de investigación que tenía en marcha el área de Planeación y Evaluación de Recursos y Programas de Desarrollo Rural (hoy constituida en una Línea General de Aplicación del Conocimiento), al interior del Centro de Estudios en Desarrollo Rural (hoy Programa). El área la fundó y entonces la coordinaba el Dr. Helidoro Díaz Cisneros. El primer trabajo que realicé consistió en participar, en colaboración con el M.C. Diego Platas Rosado, en el levantamiento de una encuesta que se aplicó a pequeños productores de Puebla, Querétaro y Guanajuato.

Entrevistamos a productores de granos básicos, hortalizas, caña de azúcar, y también a productores que estaban vinculados con empresas empacadoras de hortalizas y a los que estaban asociados con empresas productoras de huevo (Bachoco). Este trabajo de investigación estaba orientado a conocer los cambios anticipados de la reforma al Artículo 27 constitucional y su impacto en los pequeños productores. La investigación permitió obtener información valiosa de lo que pensaban los agricultores de pequeña escala, pues entonces había muchas posiciones. Por ejemplo, aquella que proponía, desde el gobierno y organismos internacionales, que los productores se deberían integrar bajo un esquema para aprovechar las economías de escala, para ello planteaban abrir el mercado de la tierra para hacer más eficiente la producción y dar certidumbre para propiciar la inversión privada.

Otros, desde la academia señalaban, que la reforma constitucional podría propiciar un proceso de concentración de la tierra en el país. Sin embargo, la investigación se





diseño para rescatar la visión de los productores, sobre las oportunidades y consecuencias de abrirse al mercado de la tierra con la reforma al Artículo 27 constitucional. Así, entre los entrevistados encontramos una gran diversidad de opiniones y posturas. En principio, aquéllos que decían que la tierra era un recurso fundamental para ellos y su familia, que no la venderían, sino que, al contrario, querían comprar más. Estaban también aquéllos de edad avanzada, cuyos hijos habían emigrado de sus comunidades, que preferían vender la tierra.

Los ligados a las emparadoras sentían que les iba muy bien en la asociación que tenían con ellas. Además, en lugares como Jurica, comunidad cercana a la zona industrial de Querétaro, donde habían migrado a trabajar muchos jóvenes hijos de los agricultores, los productores veían que sus hijos no regresarían y pensaban que eventualmente venderían la tierra. Efectivamente, cuando regresé 25 años después, vi que ahora todo estaba urbanizado. La cercanía de las tierras agrícolas a las grandes ciudades propició el cambio del uso, al pasar de tierras dedicadas a las actividades agrícolas a terrenos urbanos. Sin embargo, en otros sitios esto no ocurrió, sobre todo donde hay cultivos más rentables.

Posteriormente, con los doctores Leobardo Jiménez Sánchez, quien fue de los fundadores del Colpos, y un gran estratega del desarrollo rural, Heliodo Díaz Cisneros, Esteban Valtierra Pacheco, Aníbal Quispe Limaylla, MC. Óscar Luis Figueroa Rodríguez (hoy doctor), y con el MC. Martín Hernández Juárez (hoy doctor también), seguí participando en varios proyectos de evaluación de los programas públicos operados por nuestra cabeza de sector, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (Sagar), que en 2000 pasó a Sagarpa (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) y hoy es Sader (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural).

Entre estos proyectos puedo mencionar investigaciones sobre las organizaciones económicas exitosas del medio rural en México; capacitación del personal técnico de entidades evaluadoras para realizar la evaluación del Programa de Apoyo al Desarrollo Rural a nivel nacional, incluso, con este fin se elaboró un manual; evaluación de diez proyectos de la Red Nacional de Desarrollo Rural Sustentable (Rendrus) en los estados de Guanajuato e Hidalgo; eva-

luación de la Rendrus en diez entidades de la región centro de México; evaluación diagnóstica, de seguimiento y de resultados e impacto del Proyecto Manejo Sustentable de Laderas (PMSL) que operó, en el periodo 2000-2006, en las regiones Mazateca, Cuicateca y Mixe del estado de Oaxaca. Este último fue un proyecto muy importante, financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés) del Banco Mundial, y por el gobierno de México (Sagarpa, gobierno del estado de Oaxaca).

A partir de él se desarrolló una metodología de medición de captura de carbono y una tecnología agrícola para condiciones de laderas conocida como milpa intercalada en árboles frutales (MIAF). Durante el desarrollo de estos proyectos encontramos que existen capacidades locales para realizar trabajos de investigación y evaluación socioeconómicas y que los pequeños productores, si se les apo-

ya y se les capacita adecuadamente, están dispuestos para adoptar nuevas tecnologías agrícolas para incrementar sus niveles de producción y conservar su tierra y demás recursos naturales. Por otro lado, nos dimos cuenta que, para poder trabajar y mantener una buena comunicación para realizar una adecuada evaluación socioeconómica entre las comunidades de las tres regiones donde operó el programa, era necesario buscar la colaboración con las escuelas de educación media superior (bachilleratos técnicos) para que estudiantes de la región que dominaban el idioma local, previamente capacitados, nos ayudaran al levantamiento de la información.

Esto nos permitió hacer el trabajo en corto tiempo, y a los estudiantes que quisieron participar, les ayudó a entender mejor los problemas de su región. También participé con mis colegas del área en la evaluación de resultados e





impacto de los proyectos de la Iniciativa de Nutrición Humana de la Fundación W.K. Kellogg que operó en la región de América Latina y el Caribe.

Puedo decir que soy una persona afortunada al encontrarme en un trabajo que me permitió aprender desde recién salido de la licenciatura. El Colegio de Postgraduados me ofreció la posibilidad de trabajar con grandes maestros especialistas del desarrollo rural, con experiencia en evaluaciones socioeconómicas como los doctores Leobardo Jiménez Sánchez y Heliodoro Díaz Cisneros.



¿Cómo decide el tipo y los temas de trabajo en los que participa?

El foco de la línea de generación y aplicación del conocimiento, donde me ubico en el Colpos, se centra en la solución de problemas, a la vez que se aprende de ellos para proponer acciones que mejoren las condiciones de vida de las familias, sus recursos y sus formas de organización en el medio rural. Trabajamos en grupo y entre todos decidimos los temas, la forma de abordarlos y quién puede ser la persona más indicada para liderar el proyecto de acuerdo con su *expertise*. En cuanto a los tópicos de los proyectos de investigación y consultoría en los que participamos, los usuarios nos proponen temas de su interés y nuestro grupo también propone otros.

Por otro lado, en mi papel de profesor, los temas de investigación los identifican las y los estudiantes, la designación del profesor o profesora que será el consejero del alumno se hace en función de la experiencia de la persona para dirigir la investigación propuesta. Nos enriquecemos mucho de los temas formulados por los estudiantes. Finalmente, son éstos quienes deciden si trabajan o no con el profesor o profesora que se les asigna provisionalmente, antes de formalizar su consejo particular. Así, en mi caso, son los estudiantes quienes proponen los temas de investigación que trabajo con ellos, yo sólo dirijo la investigación, ayudo a definir el problema y a delimitar el tema.

En mi trabajo no compito con mis colegas, porque reconozco que cada uno tiene capacidades y experiencia para conducir la marcha de un proyecto y para la formación de estudiantes, y merecen todo mi reconocimiento y respeto.



¿Cómo vincula la investigación con la evaluación de proyectos?, ¿qué papel juega aquí la docencia?

La investigación científica es la búsqueda sistemática de respuestas para explicar fenómenos que desconocemos. Por su parte, en la evaluación también se busca información de manera sistemática, pero con otros cánones. La evaluación socioeconómica de proyectos requiere de la búsqueda de datos o información de manera sistemática, tomando como referentes ciertos criterios para valorar con objetividad el mérito de los proyectos o programas evaluados. Por ejemplo, si un proyecto o programa cumplió o no con los objetivos, si se lograron los resultados o impactos esperados en la población meta y, en caso de que no

se logren, debe darse una explicación de la razón de ello y proponer recomendaciones para lograr los resultados esperados.

Así, el fin último de las evaluaciones es orientar a los tomadores de decisiones. Desde ahí deben ser planteadas, no con el propósito de demeritar el trabajo realizado, sino para orientar las acciones que se formulan dentro del proyecto o programa, buscando siempre que los recursos se inviertan de la mejor manera, para resolver los problemas o atender las necesidades de la población beneficiaria.

Por su parte, la docencia ofrece conocimientos a los estudiantes para abordar los temas de investigación y de evaluación. Considerando ciertos criterios, aplicando técnicas e instrumentos adecuados para obtener datos válidos, confiables y oportunos y, con ellos, dar respuesta a preguntas y emitir juicios sustentados. En algunos casos se incluye a



los estudiantes en proyectos de evaluación, dependiendo de los tiempos y los entregables.

La investigación y la evaluación están, pues, muy ligadas. De la evaluación surgen temas de investigación que después se abordan para entender los procesos que están ocurriendo. Por ejemplo, para explicar el fracaso de ciertos programas, la investigación ayuda a profundizar en la realidad más allá de los supuestos que guían un proceso evaluativo. Es a partir de la investigación que se pueden entender los distintos contextos socioeconómicos, la diversidad geográfica, los distintos procesos de producción y las particularidades culturales. La investigación ofrece herramientas para aproximarnos a mejores evaluaciones que, eventualmente, puedan contribuir a la toma de decisiones, a mejorar procesos y a comprender las especificidades de los productores. La investigación ayuda a hacer evaluaciones más realistas, menos generales y, a la vez, los resultados que se obtienen de una evaluación ayudan a plantear y afinar un proyecto de investigación.



¿Cómo enriquece la evaluación a los trabajos de investigación y éstos a la primera?

Con base en mi experiencia puedo señalar que las evaluaciones aportan información valiosa para plantear nuevos temas de investigación, así como para entender los factores del éxito o fracaso de los proyectos o programas. Las investigaciones realizadas en los contextos socioeconómicos de las y los productores permiten obtener información precisa, para definir criterios e indicadores más adecuados y con ello proponer evaluaciones más apegadas a la realidad. A partir de lo anterior se puede recomendar, por ejemplo, que las evaluaciones no sigan los mismos criterios en distintos contextos socioeconómicos.

Las diferentes variables que interactúan en los procesos sociales y económicos tienen pesos específicos. Al aplicar los mismos criterios de evaluación a grandes regiones y a una gran diversidad de comunidades humanas, se parte del supuesto de que todos los demás

factores que intervienen permanecen constantes, o que el efecto que tiene un elemento externo sobre las variables que interactúan en los territorios o comunidades es el mismo. Suponer lo anterior no es equilibrado, es poco realista, pues la cantidad y calidad de los recursos que tienen las familias, las comunidades y las regiones son diferentes, sus formas de organización son diversas y la valoración que tienen de sus recursos también son distintas.

Para identificar esta diversidad es importante realizar investigaciones que permitan conocer la manera en que toman decisiones las y los productores agrícolas, frente al uso de las tecnologías recomendadas, y documentar los procesos de adopción de dichas tecnologías. Es a través de la investigación que pueden conocerse las circunstancias específicas de las y los productores, y con ello ofrecer recomendaciones para la adopción de cierta tecnología.



¿Cuáles son los saberes y conocimientos útiles para enriquecer las dos actividades?

Mi participación en evaluaciones socioeconómicas de proyectos y programas enfocados al sector rural, y las investigaciones realizadas con mis estudiantes, me han permitido comprender la complejidad de los problemas del medio rural y tratar de evaluarlos, de una manera ordenada y sistematizada, identificando aquellos elementos en los que puedo incidir. Para ello, es muy importante estar vinculado con los productores para comprender la manera en que toman decisiones. Por ejemplo, cuando hice el trabajo de la sierra de Oaxaca, no entendía por qué los productores tienen pequeñas parcelitas a lo largo de todo el gradiente, en la parte alta, media y baja. Hecho que pudiera parecer irracional frente a lo que nos enseñan en los cursos sobre la organización bajo un esquema de economías de escala, donde se propone que, al seguir el esquema, se logra incrementar la producción agrícola. Sin embargo, cuando uno está allá, entiende que la estrategia de los productores es la más eficiente, porque la gran diversidad de parcelas en distintos ambientes agroecológicos les

permite tener y cultivar semillas de diferentes ciclos, lo que contribuye a minimizar el riesgo, frente una contingencia ambiental como una helada o sequía.

Esto lo comprendí bajo la lupa de la investigación, donde aprendí mucho al estar atento a los conocimientos de los otros. Para entender los problemas del sector rural hay que ponerse los lentes de un investigador y hacerse las preguntas adecuadas, no dar por hecho cualquier cosa por muy simple que sea, ni extrapolar explicaciones de procesos sociales ubicados en contextos diferentes. Nuevamente, hay que prestar atención a los conocimientos locales.



¿Cómo construye la red que le permite transitar de la investigación a la evaluación y de ésta a aquélla?

La red se va construyendo en función de la complejidad de la investigación o de la evaluación. Siempre hay que invitar a colaborar a científicos y técnicos comprometidos en participar y en aportar sus conocimientos a la solución del problema. Los resultados de la investigación se prueban en campo, en los contextos o circunstancias socioeconómicas de los productores y la gente tiene que estar allí, donde puede evaluarse el proceso, para hacer cambios paulatinos, considerando las necesidades y estructura de las familias, su organización y el medio en el que se encuentran.



Así, para resolver problemas de gran envergadura se requiere de la participación de equipos inter y transdisciplinarios, preparados, comprometidos y con objetivos comunes, pues se necesitan distintos conocimientos, como los que ofrece la Psicología, para saber lo que pasa en el campo, pero también en el equipo de investigación. Por otro lado, hay que saber liderar a los equipos para minimizar conflictos y no minar los esfuerzos que están detrás de cada proyecto. Para ello, se debe reconocer lo que cada investigador puede hacer en beneficio del trabajo que se está realizando. El trabajo en equipo es fundamental, se tienen que hacer sinergias tanto en recursos como en capacidades. El objetivo último es comprender los procesos para transformarlos en beneficios para las comunidades, respetando sus formas de organización, sin alterar los aspectos esenciales de las colectividades. En este sentido, la labor de sociólogos y antropólogos es indispensable.



¿Qué le ha dado el Colpos al doctor León, y usted qué piensa que le ha dado al Colpos?

Es una buena pregunta. Soy una persona que valora mucho todo lo que el Colpos me ha dado y siempre estoy buscando la forma de retribuir lo que he recibido. Todo lo que tengo me lo ha dado mi institución. Me ha dado la posibilidad de desarrollarme, de crecer, de ofrecerles oportunidades a los integrantes de mi familia porque, gracias al trabajo que yo tengo, mis hijos han podido estudiar lo que ellos han querido. Con la pandemia me siento más afortunado porque no he parado. Sigo haciendo investigación con mis estudiantes, impartiendo cursos y me están pagando. Cosa que no puede hacer el sector industrial o de servicios, pero nosotros lo podemos hacer, con limitaciones, pero podemos.

Además, una gran lección que obtuvimos de esta pandemia fue que nos salimos de la forma de trabajo tradicional e incrementamos el uso de las tecnologías de información y comunicación (TIC), aunque, claro, hay cosas que no se pueden hacer como el trabajo de laboratorio o el trabajo de campo. En el

aspecto académico, puedo señalar que gracias al permiso que obtuve del Colegio de Postgraduados pude concluir mi formación académica, realicé mi maestría y estudios doctorales conservando mi plaza académica y al graduarme me incorporé nuevamente a la institución.

Yo, a cambio, me dedico 100% a las actividades que tengo en el Colpos: atender a mis estudiantes, hacer trabajos de vinculación con todo lo que está a mi alcance. Una forma de seguir contribuyendo es participar en el proyecto de las cajas de ahorro y prestamos comunitarios, para que las y los productores cuenten con recursos, pues están siempre muy limitados. Necesitan recursos. Este proyecto comenzó con una propuesta dirigida por el Dr. Heliodio Díaz Cisneros y el Dr. Leobardo Jiménez Sánchez, y se encontró que los productores más pobres devolvieron el recurso, mismo que provenía de un capital semilla para formar sus cajas de ahorro y préstamos.

Así, con los intereses que ellos determinaron y pagaron fortalecieron sus cajas. Ahora estamos en una tercera ronda para trabajar cerca del campus Montecillo donde se ubica la sede del Colpos. Con éste y otros proyectos que tienen en marcha mis colegas del Colegio de Postgraduados nos proponemos contribuir al desarrollo de nuestro país en materia de producción de alimentos y conservación de los recursos naturales, porque todos queremos que la gente viva bien, pues con ello el país será mejor. Ahí está la importancia de hacer investigaciones y vincularse con el sector rural, para contribuir a que los productores resuelvan sus problemas, ayudarles a despegar y a romper los lastres que los detienen.

A lo largo de mi carrera académica he realizado las actividades y funciones que me corresponden, entregándome en cuerpo y alma, poniendo todo mi esfuerzo y capacidad intelectual, trabajando con honestidad y procurando el bien común. Pienso que si todos actuamos de esta forma, los grandes problemas que nuestra sociedad enfrenta tendrán una solución satisfactoria que permitiría que nuestro país siga creciendo y nuestra sociedad evolucione hacia una con menor desigualdad y mayores oportunidades para todos.



Econegocios y sustentabilidad


PEDRO CÉSAR CANTÚ MARTÍNEZ*

Hoy en día, una de las problemáticas más importantes que existen es el deterioro o pérdida de calidad ambiental de los ecosistemas naturales. Esto sucede por el desempeño de distintas actividades productivas que nuestra sociedad ejerce para poder satisfacer las necesidades propias, las cuales se han incrementado con el tiempo debido al aumento de la población humana.

Los impactos negativos suscitados por esta práctica social se han evidenciado mediante las emergencias sanitarias y ambientales emanadas de manera global en distintas naciones y lugares del mundo. En este contexto, desde finales del siglo XX surge un nuevo paradigma como el desarrollo sustentable, el cual se edifica como un nuevo constructo para atenuar y controlar los efectos de las actividades humanas sobre los distintos entornos naturales como el suelo, el agua y el aire. En este sentido, se ha avanzado en una serie de compromisos que se han constituido en Objetivos del Desarrollo Sustentable, los cuales se hicieron públicos en 2015, con miras a ser evaluados en 2030 (Cantú-Martínez, 2016a).

¿Qué promueven estos objetivos? En primera instancia abren una agenda de orden internacional encaminada a que todos los países del orbe emprendan acciones como actividades para mejorar las condiciones de vida de todas las personas, en segundo término asumen pugnar

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



por contrarrestar los efectos negativos que las propias actividades antropogénicas han promovido para el entorno natural y, tercero, compromete a todas las autoridades gubernamentales a implementar políticas públicas, con la movilización de recursos económicos para el financiamiento de la consecución de las metas concretas que se señalan en estos 17 objetivos (Cantú-Martínez, 2016b).

En este manuscrito pretendemos abordar cuál es el contexto de la sustentabilidad al momento, así como introducimos en el marco de referencia de los econegocios y su aporte para cristalizar la sustentabilidad sin comprometer el funcionamiento natural de los ecosistemas, qué tipos de econegocios se han emprendido con esta responsabilidad social y finalmente llevaremos a cabo unas consideraciones finales al tema expuesto.



ESCENARIO DE LA SUSTENTABILIDAD

Recordemos que en la década de los ochenta del siglo pasado se creó una comisión que encabezó la ministra de Finlandia Gro Harlem Bruntland, a petición de la Secretaría General de las Naciones Unidas, con la finalidad de evaluar el desarrollo humano y las implicaciones de éste sobre los países, especialmente de las consecuencias ambientales que éste promovía (Cantú-Martínez, 2015a).

El resultado de este trabajo fue el informe denominado *Nuestro futuro común*, con el cual se corroboraron las distintas eventualidades que el desarrollo humano –bajo los preceptos

del crecimiento económico– estaba promoviendo. Entre los hallazgos más destacables se encuentra la mención de que la naturaleza de manera global –receptora de todos los impactos negativos– resultaba ser limitada, y cuya capacidad de regeneración de los recursos naturales que poseía (renovables y no renovables) estaban disminuyendo, y de aquéllos que seguían manteniendo un volumen conveniente para seguir satisfaciendo la creciente demanda humana, estaban siendo alterados en su calidad como para no considerarles todavía como apropiados para de uso y consumo humano (Cantú-Martínez, 2020).

Este escenario promovió que se erigiera el campo semántico de desarrollo sustentable –en este informe–, como la contribución más impor-

tante hecha por esta comisión, que se establecía como un antagonista de la visión prevaleciente de desarrollo propugnada en el marco de fundamentos de orden mecanicista y de superioridad sobre naturaleza.

Sin lugar a dudas, esto conllevó a irrumpir en una línea de pensamiento social antes del informe y otra que se alzaba después del informe, la cual demandaba posturas, actitudes y concepción de la realidad de una manera distinta, donde toda actividad social y económica emprendida debe considerar el entorno natural como un punto de referencia para ver la factibilidad de la acción a emprender.

De hecho, el desarrollo sustentable debe observarse como el intento de la humanidad por enmendar los



daños causados a la naturaleza y, por otra parte, como el propósito de reorientar las actividades socioeconómicas a una condición más armoniosa con el ambiente; buscando así garantizar un espacio natural que permita satisfacer las necesidades de las generaciones futuras.

Por consiguiente, este nuevo campo semántico –sustentabilidad– surge como un paradigma holístico donde prevalece una visión con “tres objetivos fundamentales: el crecimiento económico, la equidad (social, económica y ambiental) y la sostenibilidad ambiental” (Miranda *et al.*, 2007:195).

¿QUÉ SON LOS ECONEGOCIOS?

Para comenzar esta temática de los econegocios y observar su importancia, es imprescindible señalar que las empresas se constituyen en un objeto de estudio sumamente relevante, porque el deterioro ambiental que producen por sus actividades empresariales es significativo. De hecho, se señala que las 3 mil empresas más importantes en el mundo son las causantes de una tercera parte del daño ambiental infringido a la naturaleza (Hietala, 2015).

Con este preámbulo como punto de partida, podemos indicar que los econegocios son actividades humanas –principalmente empresa-

riales– que contemplan en su visión y misión generar un rendimiento económico, así como promover uno positivo para el entorno natural (Cantú-Martínez, 2015b). En otras palabras, estos econegocios deben arrojar ciertas características como lineamientos para diferenciarse de aquéllos que son emprendimientos no sustentables.

Por otro lado, se debe agregar que estos econegocios incorporan en sus operaciones productivas acciones con la finalidad de disponer de medidas preventivas o correctivas a los impactos ambientales de tipo negativo que promueven. Mientras en lo relativo a los bienes, servicios y productos que generan, éstos deben, en un balance, conllevar más impactos positivos a la sociedad, al ambiente

y que no empeoren las condiciones sanitarias de éste (Contreras, 2016).

Además, establecen programas de verificación a sus procesos con el propósito de apegarse a la normatividad establecida, tanto en el marco nacional en que se encuentren como en el marco de orden internacional donde inciden (Toronto and Region Conservation Authority and the Corporation of the Town of Caledon, 2013).

Entre las ventajas más ostensibles que obtienen estos econegocios y que se brindan para la propia organización se encuentran la disminución de gastos mediante la reducción de sus consumos de energía, la de generación de residuos –tanto peligrosos como no peligrosos– y la mejora de sus procesos para el uso más eficiente de sus materias primas. Además, evidencian ante la sociedad su cumplimiento de los lineamientos administrativos de tipo legal, que regulan su actividad, con la finalidad de impulsar la protección, preservación y conservación del ambiente y de la salud humana.

Entre los aspectos operativos que involucra evaluar a los econegocios, o bien, que éstos deben considerar para atender o subsanar encontramos los siguientes aspectos: emisiones al aire, ruido, contaminación y uso del agua, condiciones del suelo y subsuelo donde reside la empresa, el volumen de subproductos y residuos que produce, el balance de energía a emplear para sus operaciones, las materias primas e insumos que emplea, evaluar riesgo ambiental que implican sus operaciones, los

sistemas de gestión y respuesta ante emergencias ambientales de sus procesos y finalmente el impacto que generan sus actividades en el entorno natural y social (Profepa, 2013).

Adicionalmente, dentro del marco de sus responsabilidades empresariales también deben evaluar las condiciones de salud ocupacional que pueden incidir en el estado de salud-enfermedad de sus trabajadores y de manera general en la calidad sanitaria del ambiente.

TIPOS DE ECONEGOCIOS

El marco de referencia del desarrollo sustentable nos insta al manejo y aprovechamiento adecuado de los recursos que obtenemos de la naturaleza, con la finalidad de propiciar actividades económicas que generen empleo e impacten en el orden socioeconómico y promuevan la conservación de la naturaleza.

Existen características que pueden ser distintivas en los econegocios: 1) contar con un compromiso por el resguardo del entorno natural, 2) consignar en sus operaciones un balance de carácter positivo tanto en lo socioeconómico como en lo ambiental, y 3) por ende, que los dividendos producto de sus actividades deriven –beneficios– de manera equitativa en todos los actores involucrados como serían trabajadores y sus familias, clientes, proveedores y la sociedad en general en la que se encuentran incorporados.



Entre los tipos de categorías de eonegocios podemos identificar los siguientes de acuerdo con el Ministerio de Ciencias de Colombia (2021):

1) Los que proporcionan bienes y servicios, entre las que encontramos aquellas actividades económicas a partir del uso o comercialización de los recursos naturales, así como de los sistemas agropecuarios sustentables y de aquellas otras actividades encaminadas a la rehabilitación de los ecosistemas naturales como de sus componentes biofísicos y biológicos.

2) Los que conllevan un aprovechamiento de ecoproductos, como pueden ser los subproductos o residuos –tanto orgánicos como inorgánicos– al ser revalorizados para generar energía, ser contemplados como materia prima para otros procesos o bien reutilizados como materiales de construcción, extendiendo así el ciclo de vida de los materiales.

Como se ha podido observar en esta categorización, el impulso de los eonegocios conlleva prioritariamente promover empresas que puedan centrarse en procesos, productos, funciones o cadenas de valor, en las cuales la rentabilidad económica sea tan relevante como el impacto positivo que puede darse en el sistema socioambiental.

CONSIDERACIONES FINALES

En definitiva, el desarrollo de eonegocios está estrechamente vinculado al desarrollo sustentable, pero esencialmente a la interpretación que se lleve a cabo sobre el tipo de ecosistema que se desea aprovechar. Esta elucidación del sistema natural al intervenir deberá –bajo la postura de los eonegocios– considerar los límites de aprovechamiento, advirtiendo las características y requisitos que necesita el recurso para ser recuperado. De manera evidente, esto implica una gestión económica y la valorización del recurso, así como de la representatividad simbólica del mismo con la finalidad de contar con recursos financieros como elementos sustantivos para sostener en el tiempo los beneficios que emanan de dicha actividad.

REFERENCIAS

Cantú-Martínez, P.C. (2015a). *Desarrollo sustentable. Antes y después de Río +20*. México. Universidad Autónoma de Nuevo León y Organización Panamericana de la Salud.

Cantú-Martínez, P.C. (2015b). Ecoeficiencia y sustentabilidad. *Ciencia UANL*. 18(71):34-38.

Cantú-Martínez, P.C. (2016a). Los nuevos desafíos del desarrollo sustentable hacia 2030. *Ciencia UANL*. 19(78):27-32.

Cantú-Martínez, P.C. (2016b). Implicaciones de los Objetivos del Desarrollo Sustentable. *Ciencia UANL*. 19(80):30-34.

Cantú-Martínez, P.C. (2020). *Ética, sustentabilidad y responsabilidad social*. México. TD&IS.

Contreras, R. (2016). El alumno universitario ante el reto de emprender nuevos bionegocios: una alternativa hacia la sustentabilidad. *Entretextos*. 8(23):1-9.

Hietala, H. (2015). *Eco-business: What, Why, How and Who? A study on Ecofriendliness of Footwear Companies*. (Thesis Bachelor of Business Administration). Helsinki. Helsinki Metropolia University of Applied Sciences.

Ministerio de Ciencias de Colombia. (2021). *Los negocios verdes impulsan el desarrollo de Colombia*. Disponible en: https://minciencias.gov.co/sala_de_prensa/los-negocios-verdes-impulsan-el-desarrollo-colombia

Miranda, T., Suset, A., Cruz, A., et al. (2007). El Desarrollo sostenible. Perspectivas y enfoques en una nueva época. *Pastos y Forrajes*. 30(2):191-204.

Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. (2013). *Guía de autoevaluación ambiental*. México. Profepa.

Toronto and Region Conservation Authority and the Corporation of the Town of Caledon. (2013). *Eco-business zone planning & development guide*. Toronto. Green Municipal Fund.



¿Alguna vez has visto salir insectos de un árbol o fruta? Si tu respuesta es afirmativa tal vez te has preguntado cómo le hicieron para llegar ahí, o quizá creas que se alimentan del producto donde están, pero no es así. Desde hace millones de años, algunas termitas, hormigas y cucarachas tienen la capacidad de cultivar hongos para poder alimentarse. Este mutualismo entre insectos y hongos (una de las simbiosis mejor estudiadas del mundo natural) es una estrategia evolutiva análoga a la actividad agrícola de la especie humana, que existe desde la revolución neolítica.

Un escarabajo agujerea el tronco de un árbol para hacer una galería en la madera que proteja su puesta. A medida que excava el túnel, dispersa esporas de hongos de ambrosía que alimentarán a las larvas. Cuando perforan otro árbol, los escarabajos adultos serán vectores de transmisión de las esporas del hongo hacia un nuevo hábitat. Este mutualismo entre insectos y hongos de ambrosía podría tener una antigüedad mucho mayor de lo que se pensaba hasta ahora. Según las conclusiones a las que se ha llegado en un nuevo estudio, de las universidades de Barcelona (UB) y de Bergen (Noruega), esa antigüedad podría ser de más de 100 millones de años.

La investigación analiza por primera vez la relación simbiótica y la coevolución entre escarabajos y hongos de ambrosía desde una perspectiva paleontológica, y lo hace mediante el registro fósil del Cretácico de estos grupos biológicos.

Entender el origen de la simbiosis entre insectos y hongos es un ámbito de interés en diversas disciplinas científicas. En la actualidad, el mutualismo entre escarabajos y hongos simbióticos de ambrosía es la causa de plagas en bosques y cultivos que generan graves pérdidas ecológicas y económicas. Sin embargo, todavía no se conocen bien los factores ecológicos que originaron esa estrategia alimentaria, ni cómo se transformó en una relación simbiótica con dependencia obligada.

En el marco del estudio, los expertos han estudiado varios especímenes de los grupos biológicos capturados en ámbar del Cretácico de todo el mundo. Así, el origen de los hongos de ambrosía es más antiguo que los principales conjuntos de escarabajos de las subfamilias *Scolytinae* y *Platypodinae* (familia *Curculionidae*) que hoy día cultivan hongos en los troncos de los árboles, apuntan los autores.

El estudio se titula "Origin and evolution of fungus farming in wood-boring Coleoptera - A palaeontological perspective", y se ha publicado en la revista académica *Biological Reviews* (Fuente: UB).



Hay otra relación que si bien no es simbiótica, si es muy especial y también es muy antigua, se trata de la que surge entre las personas y sus mascotas, en especial los perros. Cualquiera que haya interactuado con un perro sabe que estos animales suelen tener una capacidad asombrosa para relacionarse con las personas. Después de miles de años de convivencia entre el perro y el ser humano, así como de preferencia humana activa hacia los perros que mejor interactúan con nosotros, el efecto selectivo sobre la genética del perro parece haber dejado huella en esta; pero ¿hasta qué punto? Una investigación reciente ha explorado esta cuestión.

Un equipo de la Universidad de Arizona ha descubierto que la habilidad de los perros para interactuar con humanos está presente en nuestros amigos de cuatro patas desde una edad muy temprana y no requiere tanta, o ninguna, experiencia o entrenamiento previo. Sin embargo, en función de su genética algunos cachorros van más adelantados que otros en esta faceta de su conducta.

En los experimentos de conducta realizados sobre cachorros de perro, se constató que los cachorros corresponden a la mirada social humana y utilizan con éxito la información dada por un humano en un contexto social desde una edad muy temprana y antes de tener una experiencia amplia con los humanos. Por ejemplo, incluso antes de que los cachorros hayan dejado a sus compañeros de camada para vivir individualmente con sus criadores humanos, la mayoría de ellos son capaces de encontrar comida escondida gracias a entender el mensaje que les da un humano al señalar con el dedo de una mano hacia

el lugar de interés.

La investigación, titulada “Early-emerging and highly heritable sensitivity to human communication in dogs”, publicada en la revista académica *Current Biology*; también indica que más de 40% de la variación en la capacidad de un cachorro para seguir la dirección a la que apunta el dedo de un humano se explica por los genes que han heredado.

Todos estos hallazgos sugieren que los perros están biológicamente preparados para la comunicación con los humanos (fuente: NCYT de Amazings).



Hablar de animales siempre es interesante, y a veces hasta divertido, es más, quién no ha visto algún documental sobre ellos. Todo parece genial hasta que aparece un enemigo: el hombre y sus desechos. Y hablando de, ¿sabías que los ríos son la fuente principal de los microplásticos que van a parar al océano? Según los cálculos actuales, el microplástico que flota en la superficie oceánica –entre diez y cientos de miles de toneladas métricas por año– sería sólo una pequeña fracción de los millones de toneladas métricas descargadas por los ríos. Este balance desigual ha conducido a la hipótesis de la existencia de un enorme sumidero de plástico en el océano donde se acumularía el enorme volumen necesario para cuadrar

el balance entre los vertidos supuestamente al mar y los que se observan en superficie.

Ahora una investigación realizada por la Universidad de Barcelona (UB), indica que la cantidad de materiales plásticos vertidos por los ríos a los océanos en todo el mundo está sobreestimada en dos o tres órdenes de magnitud. Esto puede explicar por qué un gran volumen parece desaparecer en un misterioso sumidero oceánico. Los cálculos erróneos sobre el flujo y el volumen de plásticos que acaban en los océanos son el resultado de la falta de perspectiva crítica, de metodologías consensuadas y de directrices comunes en la investigación internacional en este ámbito del conocimiento, según alertan los autores del “The missing ocean plastic sink: gone with the rivers”, publicado en *Science*.

Esta exploración invita a la comunidad científica internacional a unificar criterios y superar discrepancias metodológicas en los estudios que analizan el impacto de la contaminación por plásticos –y en particular, microplásticos– en los ecosistemas marinos.

El trabajo identifica los principales obstáculos metodológicos que han propiciado estimaciones erróneas en la cuantificación de los flujos y la masa de los microplásticos vertidos por los ríos a los océanos. En concreto, los errores derivan de la dificultad para obtener datos robustos en la conversión en masa del número de partículas de microplásticos; de la integración de datos científicos no comparables, obtenidos mediante técnicas de muestreo diferentes y, finalmente, de las estimaciones ba-

sadas en la relación entre los flujos de microplásticos y el índice MPW (residuos plásticos mal gestionados o mismanaged plastic waste). En este último punto, el cálculo es más consistente si en la ecuación se introducen la densidad de población y la intensidad de drenaje fluvial.

La basura marina no conoce fronteras y ha llegado a los lugares más remotos del océano. Para luchar contra la contaminación causada por los microplásticos, es necesario actuar sobre las fuentes que originan los residuos plásticos, es decir, hay que actuar allí donde residimos los seres humanos e incidir en los hábitos de consumo de nuestra sociedad del desperdicio, y hacerlo a gran escala, en territorios extensos, en todo el planeta, advierten los autores (fuente: UB).



Debemos cuidar nuestras aguas, tanto las dulces como las saladas, porque en ellas encontramos un sinfín de recursos, algunas tan inesperados como el gusano marino *Alitta virens*, presente en el Mar Blanco, el anélido más grande (mide hasta medio metro

de longitud). Su fecundidad es muy elevada, vive largo tiempo (de tres a siete años) y es capaz de hacer crecer partes de su cuerpo que hayan sido mutiladas.

De hecho, un equipo de la Universidad Estatal de San Petersburgo, en Rusia, ha estudiado los mecanismos de regeneración de varios animales marinos y ha descubierto cuál es el papel clave en la regeneración de los tejidos del *Alitta virens*. En los experimentos, los autores del estudio “Structural and Functional Characterization of the FGF Signaling Pathway in Regeneration of the Polychaete Worm *Alitta virens* (Annelida, Errantia)”, constataron que la supresión de la actividad de una comunidad de proteínas denominadas factores de crecimiento de fibroblastos (FGF) en estos gusanos marinos sabotea su capacidad de restaurar segmentos corporales perdidos. Lo más interesante es que el cuerpo humano posee proteínas similares.

Los factores de crecimiento de fibroblastos desempeñan un papel importante en la curación de heridas y el crecimiento de tejidos. Cuando se produce la necesidad de regeneración de partes del cuerpo dañadas, los FGF son producidos por la epidermis, el tejido nervioso, los macrófagos y los fibroblastos, que son las principales células del tejido conectivo. Como resultado, se desencadena un proceso de división celular activa y la producción de tropocolágeno (la unidad estructural de una fibra de colágeno), se sintetizan la matriz intercelular y la sustancia principal del tejido conectivo y comienza el crecimiento de los nervios y los vasos sanguíneos. Lo descubierto por el grupo podría utilizarse para desarrollar métodos de

curación rápida de heridas y en la medicina regenerativa en general.

El estudio demuestra que el papel principal de los FGF en vertebrados e invertebrados no difiere. El análisis indica que la participación de los FGF en los procesos de regeneración debió existir en un ancestro común de animales con simetría bilateral que vivió hace 500 millones de años (fuente: NCYT de Amazing).



Y es que si no cuidamos nuestros recursos, nos espera un futuro no muy alentador, por eso son buenas noticias aquellas que nos hablan de productos que podrían salvarnos cuando la catástrofe se avecine. Tal es el caso de un nuevo proceso de recubrimiento de semillas que podría facilitar la agricultura en zonas con alta sequedad al permitir que éstas retengan el agua disponible en vez de perderla y malograrse.

A medida que el mundo se calienta por culpa del cambio climático global, algunas regiones semiáridas en las cuales la agricultura ya era difícil sufrirán un agravamiento de la situación que puede volverlas definitivamente inviables y provocar una grave escasez de alimentos.

Ahora, un grupo de trabajo del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) ha dado con un prometedor

proceso para proteger las semillas del estrés fisiológico por escasez de agua durante su crucial fase de germinación, e incluso proporcionar a las plantas una nutrición extra al mismo tiempo.

El proceso, que está siendo sometido a pruebas continuas en colaboración con investigadores de Marruecos, es sencillo y barato, y podría aplicarse ampliamente en las regiones semiáridas.

Una versión anterior permitía a las semillas resistir una alta salinidad del suelo. La nueva versión está destinada a hacer frente a la escasez de agua. El nuevo recubrimiento, que se inspira en los recubrimientos naturales de algunas semillas, está diseñado para protegerlas de la desecación. Proporciona un recubrimiento similar a un gel que retiene tenazmente cualquier humedad que aparezca y envuelve la semilla con ella.

Una segunda capa interna contiene microorganismos preservados, concretamente rizobacterias y algunos nutrientes para ayudarlos a crecer. Cuando se exponen a la tierra y al agua, los microbios fijan el nitrógeno en el suelo, proporcionando a la plántula en crecimiento un fertilizante nutritivo para ayudarla.

Si en las pruebas actuales y futuras los recubrimientos demuestran su utilidad, no será necesario adaptarlas al uso práctico porque ahora mismo ya son lo bastante sencillos de usar como para que cada agricultor pueda aplicarlos a sus semillas, incluso en lugares remotos de países en vías de desarrollo.

El trabajo titulado “Program-

mable design of seed coating function induces water-stress tolerance in semi-arid regions” ha sido publicado en la revista académica *Nature Food* (fuente: NCYT de Amazing's)



Así que no sólo el agua debemos cuidar, también nuestra tierra, porque de ella obtenemos miles de beneficios, algunos de los cuales no tenemos ni idea. No sé si tú conocías el dato que te voy a dar a continuación, pero déjame decirte que es muy interesante. En Estados Unidos se cultiva más maíz que cualquier otro cultivo, pero sólo se utiliza una pequeña parte de la planta para la producción de alimentos y combustible; una vez que se han cosechado los granos, quedan las hojas, los tallos y los restos de las mazorcas, nada de lo cual es comestible. Si esta materia vegetal, comúnmente llamada “rastrajo de maíz”, pudiera fermentarse eficazmente para obtener etanol como se obtiene de los granos de maíz, el rastrajo podría ser una fuente de combustible renovable a gran escala y no competiría contra la producción de alimento.

Durante años, la industria de los biocombustibles ha confiado en microorganismos como la levadura para convertir los azúcares, glucosa, fructosa y sacarosa de los granos de maíz en etanol, que luego se suele mezclar con

la gasolina tradicional para alimentar automóviles y otros vehículos.

El rastrajo de maíz y otros materiales similares también están llenos de azúcares, en forma de una sustancia llamada celulosa. Aunque éstos también pueden convertirse en biocombustibles, resulta más difícil porque las plantas los retienen con más fuerza, uniendo las moléculas de celulosa en cadenas y envolviéndolas en moléculas fibrosas llamadas ligninas. Al romper estas resistentes envolturas y desarmar las cadenas de azúcar se obtiene una mezcla química que resulta difícil de digerir para los microorganismos de fermentación tradicionales.

Para ayudar a los organismos, las plantas de producción de etanol tratan previamente el material con alto contenido en celulosa con una solución ácida para descomponer estas complejas moléculas y que la levadura pueda fermentarlas. Sin embargo, un efecto secundario de este tratamiento es la producción de aldehídos, tóxicos para la levadura. En un intento de resolver el problema de las toxinas, el equipo del Instituto Whitehead de Investigación Biomédica, vinculado al Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), decidió centrarse en los aldehídos que se producen cuando se añade ácido para descomponer moléculas resistentes. La idea era convertir químicamente estos aldehídos en alcoholes.

El equipo empezó a buscar genes especializados en la conversión de aldehídos en alcoholes y dio con un gen llamado GRE2. Lo optimizaron para hacerlo más eficiente mediante un proceso llamado evolución dirigida, y luego lo introdujeron en la levadura

que suele utilizarse para la fermentación del etanol, la *Saccharomyces cerevisiae*. Cuando las células de levadura con el gen GRE2 evolucionado encontraban aldehídos, eran capaces de convertirlos en alcoholes añadiendo átomos de hidrógeno adicionales.

A fin de proteger a la levadura de los altos niveles resultantes de etanol y otros alcoholes producidos a partir de la celulosa, los especialistas aplicaron un sistema que hace a la levadura más tolerante a una amplia gama de alcoholes, permitiendo así la producción de mayores volúmenes del combustible a partir de menos levadura (fuente: NCYT de Amazing's).



Y hablando de animales y contaminación, todos pensamos que ésta en el medio acuático suele ser evidente por los vertidos de petróleo que ennegrecen el agua y por los desechos de plástico que flotan concentrados en algunas zonas o que acaban llegando a la costa, pero hay algo de lo que se habla poco, pero representa un gran problema, antes de seguir déjame preguntar ¿dónde depositas los medicamentos que caducan? Mucha gente los deja en contenedores especiales, pero otros los tiran sin cuidado, y éstos acaban llegando al medio acuático. Lo malo de todo esto es que el tratamiento actual de las aguas mediante depuradoras no está preparado para filtrar o neutralizar esas sustancias.

Eso es lo malo, pero no es lo peor. Fármacos como la fluoxetina (también conocida como Prozac) que se cuelan en nuestras vías fluviales pueden envalentonar a los peces y alterar su comportamiento. La contaminación farmacológica no termina con la medicación recetada. Las drogas ilegales, como la metanfetamina, también pueden acumularse en ríos y arroyos. Una nueva investigación, titulada “Methamphetamine pollution elicits addiction in wild fish”, publicada en el *Journal of Experimental Biology*, ha examinado hasta qué punto los peces expuestos a drogas pueden desarrollar dependencia hacia ellas.

El equipo de la Universidad Checa de Ciencias Biológicas en Praga, realizó experimentos durante los cuales se aislaba a truchas de la especie *Salmo trutta* en un tanque de agua con una pequeña cantidad de metanfetamina (la misma concentración a la que esa droga se ha encontrado en ríos de agua dulce), durante ocho semanas. Después de ese lapso, transferían a los peces a un tanque de agua dulce y comprobaban si los animales experimentaban síndrome de abstinencia (ofreciéndoles la posibilidad de elegir entre agua dulce normal o agua dulce con metanfetamina) cada día alterno durante diez días. Si los peces se habían vuelto adictos a los bajos niveles de metanfetamina en el agua, estarían sintiendo los efectos de la abstinencia y escogerían la droga cuando estuviera disponible.

Al hacer un seguimiento de las elecciones de los peces, los investigadores vieron claramente que las truchas que habían pasado dos meses en agua contaminada con metanfetamina se habían vuelto adictas, seleccionando el agua que contenía la

droga mientras sufrían el síndrome de abstinencia durante los primeros cuatro días después de pasar al agua dulce normal. Por otra parte, los peces adictos eran menos activos que las truchas que nunca habían consumido la droga. Además, encontraron evidencias de la droga en el cerebro de los peces hasta diez días después de la retirada de la metanfetamina. Parece que, incluso niveles bajos de drogas en las vías fluviales pueden afectar a los animales que residen en ellas (fuente: NCYT de Amazing's).



Pero bueno, no todas son malas noticias. Aun cuando el mundo tiene enormes retos por superar como eliminar los desechos de plástico y generar alimentos para cubrir las necesidades de toda la población mundial. Y digo que no son malas noticias porque un avance científico podría ayudar a solucionar ambos a la vez.

En la Universidad Tecnológica de Michigan (Michigan Tech), en Estados Unidos, hay un laboratorio que investiga cómo las comunidades microbianas complejas pueden cooperar para realizar funciones de interés industrial, en este caso, descomponer el plástico y los desechos resultantes de ello, así como otros residuos, dando lugar a productos comestibles y seguros, al tiempo que se combate la contaminación medioambiental. Dicho de modo sencillo, el proceso ideal es utilizar microbios y calor para

transformar el plástico y la biomasa vegetal no comestible en proteína comestible.

El primer paso para convertir los residuos plásticos y vegetales no comestibles en proteínas en polvo es despolimerizar los residuos en compuestos más biodegradables, es decir, descomponer el polímero en sus monómeros o componentes individuales. El proceso actual convierte el plástico en compuestos parecidos al aceite mediante calor y un reactor que puede deconstruir las cadenas de polímeros del plástico. Los compuestos comparables al aceite se usan para alimentar a una comunidad de bacterias. Las bacterias prosperan con su dieta aceitosa, produciendo más células bacterianas, que tienen 55% de proteínas. Esto permite generar rápidamente proteínas a partir del plástico.

Los especialistas prevén para un futuro no muy lejano un sistema de uso práctico como este: en un contenedor, quizá no más grande que un buzón de correos si buena parte del sistema se instala bajo tierra, hay una ranura por donde la gente tira los residuos de plástico o la biomasa no comestible. Todos esos residuos pasan a los reactores de procesamiento para ser descompuestos por el calor. Una vez descompuesto, el subproducto se introduce en una cuba con la comunidad bacteriana, que se nutre de las materias que ahí se vierten. Esa comunidad bacteriana prospera y crece. A continuación, las células bacterias son secadas y se convierten en polvo que podrá ser empleado más tarde (fuente: NCYT de Amazing's).



Ahora déjame contarte otra buena noticia. Las áreas protegidas y los parques nacionales de Costa Rica encierran tesoros naturales. Uno de esos son las orquídeas, un grupo de plantas muy codiciado por su belleza y muchas de las cuales se encuentran en peligro de extinción. Precisamente, la buena noticia es que ¡hay dos nuevas especies de orquídeas miniatura que científicos del Jardín Botánico Lankester (JBL), de la Universidad de Costa Rica (UCR), encontraron en dos reservas naturales y las estudiaron! El resultado fue el descubrimiento de ¡dos especies que la ciencia no conocía!

Las orquídeas pertenecen al grupo *Specklinia brighamii* y son endémicas de Costa Rica. Estas plantas presentan una gran diversidad. Es común encontrarlas en las elevaciones de medias a bajas en la cuenca del Caribe. Las flores de estas orquídeas son casi invisibles, miden menos de un centímetro, por lo que pasan desapercibidas. La primera especie se bautizó con el nombre *Specklinia tirimbina*, en honor a la Reserva Biológica La Tirimbina, una área de conservación privada que se ubica en Sarapiquí, donde se encontró.

La otra especie descrita es *Specklinia barbelifera*, encontrada en el Parque Nacional Barquilla, ubicado en la

Cordillera de Talamanca, en el cantón de Siquirres.

El nombre barbelifera se refiere a las barbitas que tiene la especie y también alude al nombre del parque nacional donde fue descubierta. Los hallazgos se publicaron en la revista *Pytotaxa* (fuente: UCR/DICYT).



Sin duda es un gran hallazgo el de las orquídeas. Sin embargo, nos da mucho en qué pensar. Sabemos que cada región del mundo tiene una comunidad de especies vegetales acorde con las condiciones climáticas de esa zona. Pero la composición de esas comunidades ha comenzado a cambiar como consecuencia del calentamiento global. De hecho, una investigación reciente ha profundizado en la cuestión.

En el estudio, realizado sobre más de 17,000 especies de plantas, el equipo internacional de la Universidad de Miami, muestra que, como resultado del calentamiento global, la composición de las comunidades vegetales está transformándose hacia una mayor abundancia de especies amantes del calor.

Aunque actualmente en el sur de la Florida hay robles que son bastante abundantes, estos árboles, que se ven favorecidos por ambientes sin tanto calor, pronto podrían disminuir en la

región y ser reemplazados por especies más propias de zonas tropicales y que son amantes del calor, como las caobas. Asimismo, en Canadá, a medida que aumentan las temperaturas, los árboles conocidos con nombres populares como arces del Canadá o arces de azúcar, con utilidad alimentaria, están perdiendo sus hábitats.

Y en la ciudad de Nueva York, plantas que son más típicas del sur, como las magnolias, abundan cada vez más y florecen más temprano cada año. Estos son solo algunos ejemplos de una tendencia que se está viendo en toda América, desde la Bahía de Hudson hasta Tierra del Fuego, a medida que las especies en las comunidades de plantas cambian sus áreas de distribución geográfica y reaccionan a los efectos del calentamiento global.

En el estudio, se encontró que desde 1970, muchos ecosistemas vegetales han comenzado a transformarse hacia versiones que incluyen cada vez más especies que prefieren climas más cálidos. Este proceso se llama termofilización.

Este trabajo demuestra que ecosistemas enteros están perdiendo las especies de plantas que se ven favorecidas por temperaturas frías, y que esas plantas están siendo reemplazadas por especies más tolerantes al calor que pueden soportar mejor el calentamiento del clima. Las plantas adaptadas a temperaturas frías brotan en latitudes cada vez más altas o en elevaciones superiores montaña arriba, y cada vez menos en los extremos inferiores de esos rangos. Lo lamentable de todo esto es que algunas especies pueden incluso estar extinguiéndose localmente (fuente: NCYT de Amazings).



COLABORADORES

Alejandra Rocha Estrada

Bióloga, maestra investigadora, doctora en Ciencias, con especialidad en Botánica, por la UANL. Realizó estancia de investigación en el Departamento de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal de 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. Forma parte del Departamento de Botánica y Cuerpo Académico de Botánica Consolidado. Miembro del SNI, nivel I.

Carmen Salazar Gómez Varela

Doctora en Ciencias Biológicas, con especialidad en Recursos Naturales, por el Centro de Investigación Científica de Yucatán. Profesora-investigadora de la UAY. Miembro del SNI, nivel I.

Estefanía Morales Ruiz

Doctora en Ciencias por la UNAM. Realiza estancia posdoctoral en la Unidad Académica de Sistemas Arrecifales del ICMYL-UNAM. Su interés científico es entender los mecanismos moleculares que gobiernan el metabolismo de diferentes microorganismos, por lo que también trabaja con bacterias y hongos.

Francisco Zavala García

Ingeniero agrónomo fitotecnista por la UANL. Maestro en Ciencias, con especialidad en Genética, por el Colegio de Postgraduados en Chapingo, México. Ph. D., con especialidad en Mejoramiento Genético y Fisiología de Plantas, por la Universidad de Nebraska. Profesor-investigador en la FA-UANL, adjunto de la Universidad de Nebraska e invitado de la UAAAN. Sus líneas de investigación son biotecnología y ciencias agropecuarias. Miembro del SNI, nivel I, y de la AMC.

Harumi Hernández Guzmán

Bióloga por la UAY. Estudiante de la Maestría en Ciencias en Horticultura Tropical en el Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán.

Humberto Ibarra Gil

Ph.D en Ecología y Manejo de Pastizales por la Universidad Estatal de Colorado. Profesor investigador de tiempo completo en la FA-UANL. Sus líneas de investigación son la ecología y el manejo de pastizales.

Jesús Andrés Pedroza Flores

Ingeniero agrónomo fitotecnista y maestro en Ciencias, con especialidad en Genética Vegetal, por la UANL. Profesor de tiempo completo en la FA-UANL.

José Elías Treviño Ramírez

Ingeniero agrónomo fitotecnista por la UANL. Maestro en Ciencias por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza en Turrialba, Costa Rica. Doctor en Ciencias Agrícolas por la UANL. Profesor de tiempo completo en la FA-UANL. Sus áreas de investigación son el manejo y producción de cultivos, control integrado de malas hierbas y manejo y ecología de especies vegetales silvestres de importancia económica.

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. Corrector de la revista *Ciencia UANL* y de *Entorno Universitario*, de la Preparatoria 16-UANL.

Maginot Ngangyo Heya

Egresado de la Universidad de Yaoundé I, Camerún. Doctor en Ciencias, con acentuación en Manejo y Administración de Recursos Vegetales, por la UANL. Realizó estancias de investigación en la Faculty of Resources Management, University of Applied Sciences and Arts (HAWK), Göttingen,

Alemania; y en la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, UMSNH. Profesor-investigador en la FA-UANL. Miembro del SNI, nivel Candidato.

Marco Antonio Alvarado Vázquez

Biólogo y doctor en Ciencias Biológicas, con especialidad en Botánica, por la UANL. Maestro investigador en el Departamento de Botánica de la FCB-UANL. 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.

Marco Antonio Guzmán Lucio

Biólogo y doctor en Ciencias, con acentuación en Administración y Manejo de Recursos Vegetales, por la UANL. Realizó estancia de investigación en el Herbario TEX-LL del Plant Resources Center de la Universidad de Texas en Austin. Adscrito al Departamento de Botánica de la FCB-UANL como profesor titular A de tiempo completo. Sus líneas de investigación se enfocan en la taxonomía, florística y ecología de plantas vasculares del noreste de México. Cuenta con experiencia en matorrales y vegetación del noreste de México, plantas de pastizales, gramíneas, malezas urbanas y arvenses.

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, 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.

Octavio Monroy Vilchis

Licenciado en Biología por la UAEMex. Maestro en Ciencias, con especialidad en Ecología y Ciencias Ambientales, por la UNAM. Doctor en Biodiversidad y Conservación por la Universidad de Alicante. Coordinador del Centro de Investigación en Ciencias Biológicas Aplicadas de la UAEMex.

Pedro César Cantú-Martínez

Doctor en ciencias biológicas por la UANL. Doctor Honoris Causa, con la Mención Dorada Magisterial, por el OIICE. Trabaja en la FCB-UANL y participa en el IINSO-UANL. Su área de interés profesional se refiere a aspectos sobre la ca-

lidad 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. Pertenece al Cuerpo Académico Consolidado. Cuenta con perfil Prodep. Miembro del SNI, nivel II, y de la AMC.

Rogelio Carrera Treviño

Ingeniero agrónomo zootecnista por la UAAAN. M. Sc. y Ph.D. por la Wildlife Science, Texas Tech University, Lubbock, Texas.

Rubén Humberto Andueza Noh

Doctor en Ciencias Biológicas, con especialidad en Recursos Naturales, por el Centro de Investigación Científica de Yucatán. Catedrático Conacyt en el Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán. Su línea de investigación son los recursos fitogenéticos. Miembro del SNI, nivel I.

Tania Islas-Flores

Licenciada en Ciencias Biológicas por la UAEM. Maestra y doctora en Ciencias Bioquímicas por la UNAM. Posdoctorada por el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-UNAM. Su línea de estudio es el papel de RACK1 y otras proteínas en el establecimiento y mantenimiento de la simbiosis entre la medusa *Cassiopea* y su simbiote *Symbiodinium microadriaticum*.

Yessica Rico

Investigadora adscrita a la Red de Diversidad Biológica del Occidente Mexicano en el Instituto de Ecología A.C. Sus líneas de investigación abordan la genética del paisaje y la de la conservación en especies de flora y fauna. Actualmente se ha enfocado en estudiar aspectos de hibridación, genómica, dispersión de polen y semillas en especies de copales del Bajío mexicano.

Zuleyma Zarco González

Licenciada en Biología, maestra y doctora en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales por la UAEMex.

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, entendiéndose por ello que el contenido sea producto del trabajo directo y que una versión similar no haya sido publicada o enviada 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, además de cinco palabras clave.
- En el apartado de 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 utilizadas en el texto; éstas deberán citarse en formato Harvard.
- 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.
- Los autores deberán proponer por lo menos tres imágenes para ilustrar su trabajo.
- 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.
- Los autores deberán incluir, por separado, cinco ideas clave de su manuscrito.

Notas importantes

- Sólo se recibirán artículos por convocatoria, para mayor información al respecto consultar nuestras redes sociales o nuestra página web: <http://cienciauanl.uanl.mx/>
- 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 al 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/>

