



ISSN: 2007-1175

CiENCiA UANL

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

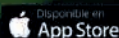
Hongos parásitos de insectos ¿héroes o villanos?
El carbono en los desiertos de México

Propiedades, usos y problemas del *Aloe vera*

Año 23,
Número 99
enero
febrero
2020



Revista Ciencia Uanl



RevistaCienciaUANL



@Ciencia_UANL



RevistaCIENCIAUANL



Una publicación de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Mtro. Rogelio Garza Rivera
Rector

Dr. Santos Guzmán López
Secretario general

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

Directora editorial: Dra. Patricia del Carmen Zambrano Robledo

Consejo editorial

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

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

Corrección: Luis E. 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 23, N° 99, enero-febrero de 2020. 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: 8 de enero de 2020, 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 2020

revista.ciencia@uanl.mx

CIENCIAUANL

COMITÉ ACADÉMICO

CIENCIAS DE LA SALUD

Dra. Lourdes Garza Ocañas

CIENCIAS EXACTAS

Dra. Ma. Aracelia Alcorta García

CIENCIAS AGROPECUARIAS

Dra. María Julia Verde Star

CIENCIAS NATURALES

Dr. Rahim Foroughbakhch Pournavab

CIENCIAS SOCIALES

Dra. Veronika Sieglin Suetterlin

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Dra. María Idalia del Consuelo Gómez de la Fuente

CIENCIAS DE LA TIERRA

Dr. Carlos Gilberto Aguilar Madera

COMITÉ DE DIVULGACIÓN

CIENCIAS DE LA SALUD

Dra. Gloria María González González

CIENCIAS NATURALES

Dr. Sergio Moreno Limón

CIENCIAS AGROPECUARIAS

Dr. Hugo Bernal Barragán

CIENCIAS EXACTAS

Dra. Nora Elizondo Villarreal

CIENCIAS SOCIALES

Dra. Blanca Mirthala Taméz

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Dra. Yolanda Peña Méndez

CIENCIAS DE LA TIERRA

Dr. Héctor de León Gómez

Índice

6

Editorial

8



Ciencia y sociedad

Producción de tomate con bajo volumen de agua para riego

Luis Eduardo Tamayo-Ruiz, Patricio Rivera-Ortiz, Efraín Neri-Ramírez

16



Opinión

Hongos parásitos de insectos ¿héroes o villanos?

Juan Carlos Pérez-Villamares, Cristina Burrola-Aguilar, Carmen Zepeda-Gómez

25



Ejes

Sábila (*Aloe vera*): propiedades, usos y problemas

Sarahí Rubio Tinajero, Criseida Alhelí Sáenz Pérez, Eduardo Osorio Hernández

31

Sección académica

32

Patrones de supervivencia de *Pinus cembroides* Zucc. en una comunidad montañosa del NE de México

Jaime F. García

Índice

42



Curiosidad

El almacén de carbono en los desiertos de México
Óscar Luis Briones Villarreal

49



Sustentabilidad ecológica

Los campus universitarios sustentables
Pedro César Cantú-Martínez

58



Ciencia de frontera

¿Qué papel debería tener la vinculación en la evaluación científica? Entrevista al doctor Martin Ricker
María Josefa Santos Corral

63



Ciencia en breve

69

Colaboradores

70

Lineamientos de colaboración



99 Editorial

México es uno de los países más biodiversos del mundo, y para proteger nuestros preciados recursos naturales es de suma importancia conocerlos mejor, de ahí que en este número 99, correspondiente a los meses de enero-febrero, les invitamos a profundizar sobre diferentes plantas y su cultivo.

En nuestra sección Ciencia y sociedad tenemos el artículo “Producción de tomate con bajo volumen de agua para riego”, de Luis Eduardo Tamayo-Ruiz, Patricio Rivera-Ortiz y Efraín Neri-Ramírez, quienes nos enseñan tres formas de riego para eficientizar el uso de agua en el cultivo de tomate.

Juan Carlos Pérez-Villamares, Cristina Burrola-Aguilar y Carmen Zepeda-Gómez nos muestran, en “Hongos parásitos de insectos ¿héroes o villanos?”, en la sección Opinión, la importancia de los hongos entomopatógenos en el control de plagas, así como sus ventajas y desventajas.

En Ejes, Sarahí Rubio Tinajero, Criseida Alhelí Sáenz Pérez y Eduardo Osorio Hernández, autores de “Sábila (*Aloe vera*): propiedades, usos y problemas”, nos enseñan cosas importantísimas acerca de esta interesante planta, de la cual México es el exportador número uno.

Por su parte, en Curiosidad, Óscar Luis Briones Villarreal, con su artículo “El carbono en los desiertos de México”, analiza el ciclo del carbono en los desiertos en México y compara la biomasa de carbono en los diferentes ecosistemas.

Asimismo, como en todos nuestros números, contamos con nuestros colaboradores fijos: en la sección Sustentabilidad ecológica, “Los campus universitarios sustentables”, de Pedro César Cantú Martínez, aborda los cambios que han tenido los campus universitarios para aproximarse a instalaciones sustentables que vayan acorde con las nuevas necesidades; María Josefa Santos Corral, en Ciencia de frontera, entrevista al doctor Martín Ricker, quien investiga el manejo de recursos forestales y la evaluación de la ciencia, además de establecer un vínculo entre la academia y distintos organismos públicos; por su parte, Luis E. Gómez Vanegas nos actualiza de las últimas novedades en el mundo de la ciencia en el noticiero Ciencia en breve.

CREALTHI

Diplomado de **Emprendimiento Científico** en la UANL

Las universidades, a nivel global, están trascendiendo sus funciones tradicionales de investigación, enseñanza y difusión del conocimiento a un rol más activo de creación de empresas universitarias (spin-offs) y promoción del emprendimiento académico.

Además, cabe señalar que la investigación científica, a menudo, conforma la base de productos innovadores y es el cimiento para la creación de nuevas industrias. Incluso se considera que empresas universitarias derivadas de la investigación podrían contribuir de manera activa y directa al desarrollo tecnológico y al crecimiento económico global.

Sin embargo, de acuerdo, a una encuesta realizada por la revista Nature (Brody, 2017), la carencia de habilidades de negocio es una de las principales barreras para que los investigadores decidan emprender con sus proyectos de investigación.

La UANL, por su parte, promueve **CREALTHI (Creación de empresas de alto impacto por investigadores)**, un mecanismo de impulso para el desarrollo de spin-offs universitarias que tiene como propósito brindar a los investigadores herramientas que les permitan desplegar el conocimiento desarrollado en un modelo comercial rentable y escalable.

CREALTHI cuenta con dos etapas: una de formación y otra de acompañamiento.

Durante la **etapa de formación**, los investigadores desarrollan habilidades de emprendimiento a través de cinco módulos con experiencias significativas de aprendizaje que incluyen temas que van desde el entendimiento del cliente, hasta la validación de su propuesta de valor y la creación de empresas.

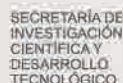
Durante la **etapa de acompañamiento**, los investigadores llevan sesiones de mentoría durante su proceso de validación y creación de la empresa, acompañados de mentores académicos y empresarios.

Los **mentores académicos** son profesores de la misma UANL que se desempeñan de manera exitosa en diversas áreas del conocimiento relativas al desarrollo de los proyectos de emprendimiento que se estarán trabajando durante el programa.

Los **mentores empresarios** son personalidades importantes en el ecosistema empresarial que, sin duda alguna, conocen ampliamente los temas de negocios y que pueden compartir sugerencias y opiniones trascendentales.

CREALTHI es un proyecto que, aunque en primera instancia es localizado y enfocado al contexto de la UANL, tiene el potencial para colocarse como referente en todo el país y se espera que pueda escalar para lograr llevar el conocimiento a más investigadores que tengan la inquietud de emprender con sus investigaciones, para de esta manera llevar a México **del laboratorio a la economía del conocimiento**.

Dr. Francisco Jesús Barrera Cortinas
Director de Innovación y Emprendimiento
Coordinador del Programa





Producción de tomate con bajo volumen de agua para riego

Luis Eduardo Tamayo-Ruiz*,
Patricio Rivera-Ortiz*, Efraín Neri-Ramírez*

El de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) es un cultivo de importancia mundial. El consumo de este fruto proporciona muchos beneficios en la salud humana, de modo que se le considera como un alimento con múltiples propiedades (Luna-Guevara y Delgado-Alvarado, 2014; SIAP, 2017).

La crisis del agua aumenta año tras año, por lo que se requiere mejorar la eficiencia del uso de este vital líquido (EUA) en la agricultura. El agua es y seguirá siendo una gran limitante para la producción de alimentos (Rijsberman, 2006). Las estimaciones de agua de riego para el cultivo de tomate varían en función de las regiones ecogeográficas, la variedad del cultivo, la estructura del suelo y su capacidad de retención de humedad (Flores *et al.*, 2007; Adu *et al.*, 2018).

La ingesta del fruto de tomate o productos derivados del mismo, que en conjunto con otros vegetales se les atribuyen beneficios a la salud humana, es de mucha importancia ya que contiene antioxidantes como el licopeno (Waliszewski y Blasco, 2010), los flavonoides, fenoles y las vitaminas C y E (tabla I) (Luna-Guevara y Delgado-Alvarado, 2014).

Universidad Autónoma de Tamaulipas.
Contacto: tamayo.eduardo@outlook.com

Tabla I. Contenido de compuestos antioxidantes en fruto fresco y productos de tomate.

Antioxidante	Fruto fresco	Producto	
		Salsa	Pasta
Licopeno	1.5-5.6	6.5-19	51-59
Vitamina C	19-25	13	42
Vitamina E	0.4	1.4	4.2
Folatos	15	9	2.2
Contenidos reportados de licopeno, vitamina C y E en mg/100 g y folatos en µg/100 g.			

Fuente: Luna-Guevara y Delgado-Alvarado, 2014.

De acuerdo con Meléndez-Martínez *et al.* (2004), el consumo de carotenoides presentes en el tomate y en otros alimentos está relacionado con un menor riesgo de padecer enfermedades crónicas como el cáncer o la diabetes.





CANTIDAD DE AGUA DE RIEGO NECESARIA PARA EL CULTIVO DE TOMATE

El agua es un recurso fundamental, tanto para la estabilidad del ecosistema como para la productividad económica (Gleick y Palaniappan, 2010). La eficiencia en el uso del agua para el riego y promover la sustentabilidad es parte medular para la agricultura, la cual se ve afectada con la escasez de este recurso natural (Salazar-Moreno *et al.*, 2014).

Conocer el suministro necesario para el cultivo de tomate ha dado lugar a diferentes investigaciones y resultados durante varios años. El cultivo de tomate puede desarrollarse con volúmenes diarios de agua de 1,800 a 2,700 ml/planta/día en la etapa de fructificación (Snyder, 1992). Los requerimientos para las zonas tropicales húmedas y en variedades de tomate tipo cherry oscilan entre los 300 y los 400 ml por planta, con una productividad de agua de 0.92 kg de fruto/m³ de agua (Harmanto *et al.*, 2005);

por lo anterior, los requerimientos de agua de riego deben estimarse de manera específica para las condiciones locales en cada periodo de cultivo (Flores *et al.*, 2007).

Las estimaciones de riego pueden realizarse por diversos métodos, dentro de los cuales se pueden citar los que se basan en la evapotranspiración del cultivo, los cuales requieren datos agrometeorológicos. La metodología de Penman-Monteith es muy recomendada por la FAO (Allen, 2006), sin embargo, aunque es muy precisa, requiere datos que muchas veces no son recolectados por las estaciones meteorológicas. Por ello se toman en cuenta otras alternativas como la ecuación de Ivanov, Hargraves, Turc, Jensen-Haise, Penman, Priestley-Taylor, las cuales requieren mínimos datos climáticos, además de su fácil comprensión (Sánchez y Carvacho, 2011).





MÉTODOS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DEL AGUA DE RIEGO

La transpiración de las plantas es un proceso natural que consiste en la pérdida de agua de las hojas hacia la atmósfera. Los estomas (poros de las hojas) se abren y cierran, lo que provoca la liberación de vapor, así como la preservación de agua, respectivamente (figura 1). Se ha recurrido a diversas maneras de mejorar la eficiencia del riego, como el riego deficitario, el parcial de raíz y la aplicación de antitranspirantes sobre las hojas de los cultivos con el fin de modificar la respuesta y actividad estomática en plantas para aumentar la eficiencia en el uso del agua y ello ha otorgado opciones factibles que ayudan a afrontar la escasez.

El tratamiento de riego deficitario consiste en aplicar riegos menores al ideal, es decir, se prescindirá un porcentaje del agua total de riego ne-

cesario, lo que provoca en el cultivo un estrés hídrico con el objetivo de fomentar comportamientos positivos en la actividad estomática del cultivo. Esto estimula la apertura y cierre de los estomas para evitar que se pierda agua (González-Altosano y Castel, 2003; Agbna *et al.*, 2017). El riego deficitario utilizado en el cultivo de tomate reduce el rendimiento, pero aumenta significativamente, entre otras características, los sólidos solubles totales, la vitamina C y ácidos orgánicos del fruto (Agbna *et al.*, 2017). Además, este método es de fácil aplicación a otras técnicas como la hidroponía o el cultivo sin suelo, y en este caso la productividad de agua aumenta, es decir, mayor rendimiento por menor cantidad de agua, por lo que se reportan resultados prometedores para ponerlo en práctica (Hooshmand *et al.*, 2019).

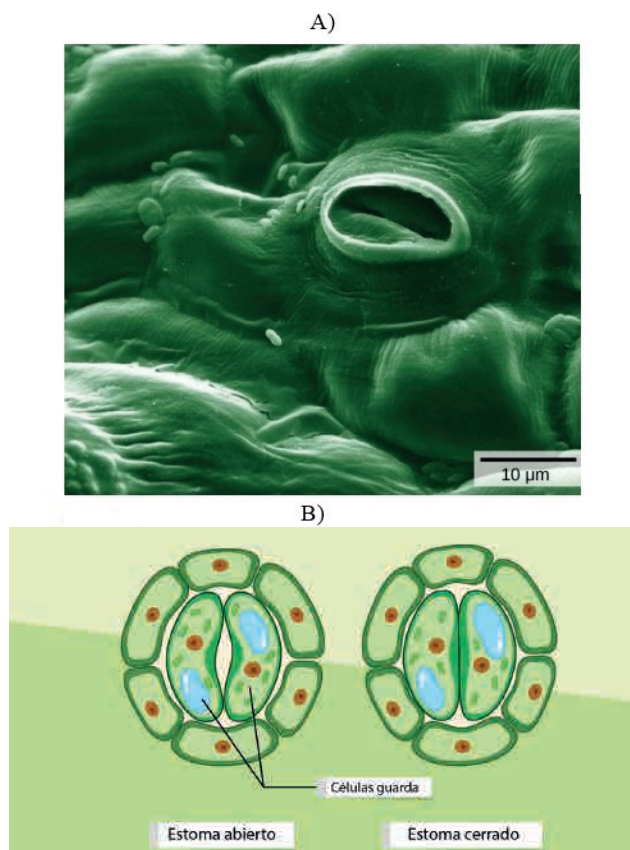


Figura 1. A) Estructura del estoma cerrado, fotografiado mediante un microscopio electrónico y B) vista del estoma abierto y cerrado de la hoja de una planta de tomate (CNX.org, 2016).

Otro método de suministro hídrico, denominado riego parcial de raíz, ha logrado explicar que la eficiencia en el uso del agua en los cultivos es posible, además de que se ha demostrado que conserva la humedad del suelo en comparación con el riego deficitario, y por tanto se han obtenido mayores índices de productividad de agua (Hashem *et al.*, 2019). La metodología del riego parcial de raíz (figura 2) está basada en regar de manera parcial la raíz lateral, limitando el riego a la parte adyacente restante, de modo que el

riego parcial de raíz pueda, de manera simultánea, reducir el consumo e incrementar la eficiencia en el uso del agua (Liu *et al.*, 2017).

El riego deficitario y riego parcial de raíz son métodos potencialmente viables para establecer estrategias y lograr eficiencia en el uso del agua en el cultivo de tomate (Adu *et al.*, 2018).

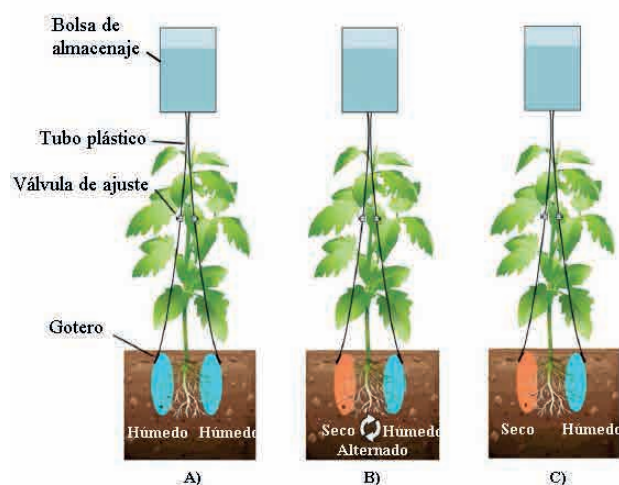


Figura 2. Representación gráfica de la técnica de riego parcial de raíz comparando A) riego convencional, B) riego parcial de raíz alternado y C) riego parcial de raíz fijo (Liu *et al.*, 2017).

La aplicación de antitranspirantes o emulsiones sobre las hojas para frenar la transpiración de las plantas es una técnica en la que se han encontrado resultados favorables para el suministro de agua, sin embargo, el rendimiento que se obtiene podría no ser el esperado, no así la eficiencia en el uso del agua que aumenta a índices que van de 21 a 28% con distintos tipos y dosis de antitranspirantes (AbdAllah *et al.*, 2018).



CONCLUSIÓN

El riego deficitario y riego parcial de raíz son métodos potencialmente viables para establecer estrategias y lograr eficiencia en el uso del agua de riego en el cultivo de tomate. Sin embargo, se deben realizar las evaluaciones correspondientes para los cultivos y zonas geográficas específicas.

REFERENCIAS

- Abdallah, A.M., Burkey, K.O., y Mashaheet, A.M. (2018). Reduction of plant water consumption through anti-transpirants foliar application in tomato plants (*Solanum lycopersicum* L.). *Scientia Horticulturae*. 235: 373-381.
- Adu, M.O., Yawson, D.O., Armah, F.A., et al. (2018). Meta-analysis of crop yields of full, deficit, and partial root-zone drying irrigation. *Agricultural Water Management*. 197: 79-90.
- Agbna, G.H.D., She, D.L., Liu, Z.P., et al. (2017). Effects of deficit irrigation and biochar addition on the growth, yield, and quality of tomato. *Scientia Horticulturae*. 222: 90-101.
- Allen, R.G. (2006). *Evapotranspiración del cultivo: guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*, FAO. 298 p.
- CNX.ORG. (2016). *Biology*. Disponible en: http://cnx.org/contents/GFy_h8cu@10.53:rZudN6XP@2/Introduction
- Flores, J., Ojeda-Bustamante, W., López, I., et al. (2007). Requerimientos de riego para tomate de invernadero. *Terra Latinoamericana*. 25: 127-134.
- Gleick, P.H., y Palaniappan, M. (2010). Peak water limits to freshwater withdrawal and use. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 107: 11155-11162.
- González-Altosano, P., y Castel, J.R. (2003). Riego deficitario controlado en 'Clementina de Nules'. I. Efectos sobre la producción y calidad de la fruta. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 1: 11.
- Harmanto, V.M., Salokhe, Babel, M.S., y Tantau, H.J. (2005). Water requirement of drip irrigated tomatoes grown in greenhouse in tropical environment. *Agricultural Water Management*. 71: 225-242.
- Hashem, M.S., El-Abedin, T.Z., y Al-Ghobari, H.M. (2019). Rational water use by applying regulated deficit and partial root-zone drying irrigation techniques in tomato under arid conditions. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 79: 75-88.
- Hooshmand, M., Albaji, M., Nasab, S.B., et al. (2019). The effect of deficit irrigation on yield and yield components of greenhouse tomato (*Solanum lycopersicum*) in hydroponic culture in Ahvaz region, Iran. *Scientia Horticulturae*. 254: 84-90.
- Liu, X.G., Li, F., Zhang, F.C., et al. (2017). Influences of alternate partial root-zone irrigation and urea rate on water- and nitrogen-use efficiencies in tomato. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 10: 94-102.
- Luna-Guevara, M.L., y Delgado-Alvarado, A. (2014). Importancia, contribución y estabilidad de antioxidantes en frutos y productos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Avances en Investigación Agropecuaria*. 18: 51-56.
- Meléndez-Martínez, A.J., Vicario, I.M., y Heredia, F.J. (2004). Importancia nutricional de los pigmentos carotenoides. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 54: 103-109.
- Rijsberman, F.R. (2006). Water scarcity: Fact or fiction? *Agricultural Water Management*. 80: 5-22.
- Salazar-Moreno, R., Rojano-Aguilar, A., y López-Cruz, I.L. (2014). La eficiencia en el uso del agua en la agricultura controlada. *Tecnología y Ciencias del Agua*. 5: 177-183.
- SIAP. (2017). *Atlas agroalimentario*. México: Sagarpa.
- Snyder, R.G. (1992). *The tomato handbook*. Mississippi State.
- Sánchez, M.M., y Carvacho, B.L. (2011). Comparación de ecuaciones empíricas para el cálculo de la evapotranspiración de referencia en la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*. 50: 171-186.
- Waliszewski, K.N., y Blasco, G. (2010). Propiedades nutraceuticas del licopeno. *Salud Pública de México*. 52: 254-265.



HONGOS

parásitos de insectos ¿héroes o villanos?

JUAN CARLOS PÉREZ-VILLAMARES*,
CRISTINA BURROLA-AGUILAR*, CARMEN ZEPEDA-GÓMEZ*

16

Los hongos son organismos de vital importancia en todos los ecosistemas terrestres debido a que cumplen diversas e importantes funciones ecológicas como el reciclaje de nutrientes al degradar la materia orgánica de los restos vegetales y animales. Algunos hongos establecen relaciones mutualistas con las raíces de las plantas, a dicha asociación se le conoce como micorrizas, en ésta, ambos organismos se benefician intercambiando nutrientes. Por otro lado, se encuentran los hongos parásitos, éstos causan diversas enfermedades en plantas y animales (Kendrick, 2011). Dentro de los hongos parásitos se encuentran los entomopatógenos, que son aquéllos capaces de infectar insectos que utilizan como sus hospederos, es decir, organismos que el hongo utiliza como alimento y refugio, de esta forma cumplen un rol ecológico al reducir el crecimiento de las poblaciones de algunos insectos que podrían convertirse en plaga y dañar los sistemas forestales y agrícolas (García-García *et al*, 2008).

Esta peculiaridad de controlar las poblaciones de insectos ha permitido que algunas especies de hongos entomopatógenos se utilicen en la agricultura como insecticidas naturales, evitando el uso de químicos, los cuales tienen efectos negativos en el ambiente y la salud humana.

* Universidad Autónoma del Estado de México.
Contacto: carlos_5man@hotmail.com

¿QUÉ SON LOS HONGOS ENTOMOPATÓGENOS?

Los hongos entomopatógenos son aquéllos que parasitan diversas especies de insectos como escarabajos, mariposas, hormigas, etc., y causan su muerte. La infección inicia cuando las esporas o conidios de los hongos se adhieren a la superficie externa del insecto (cutícula), gracias a que poseen una capa mucosa con proteínas y glucanos. Posteriormente, dichas esporas o conidios germinan y desarrollan estructuras especiales llamadas apresorios, éstos producen enzimas como lipasas, proteasas y quitinasas que ayudan a destruir la cutícula del insecto y dan al hongo la posibilidad de llegar hasta la cavidad corporal (hemocele) del animal. En el hemocele se forma una serie de células alargadas denominadas hifas que invaden el cuerpo del insecto, absorben los nutrientes y liberan toxinas que conducen a su muerte. Posteriormente, las hifas emergen del cuerpo del insecto y forman células reproductivas asexuales llamadas conidios o sexuales denominadas esporas, con la finalidad de dispersarse e infectar a otros insectos (figura 1). Cabe mencionar que si las condiciones de temperatura (25°C) y humedad (70%) no son las adecuadas, las esporas no germinarán, evitando que el hongo termine su ciclo de vida (Fuxa y Tanada, 1987; Zimmermann, 2007; Augustyniuk-Kram y Kram, 2012).



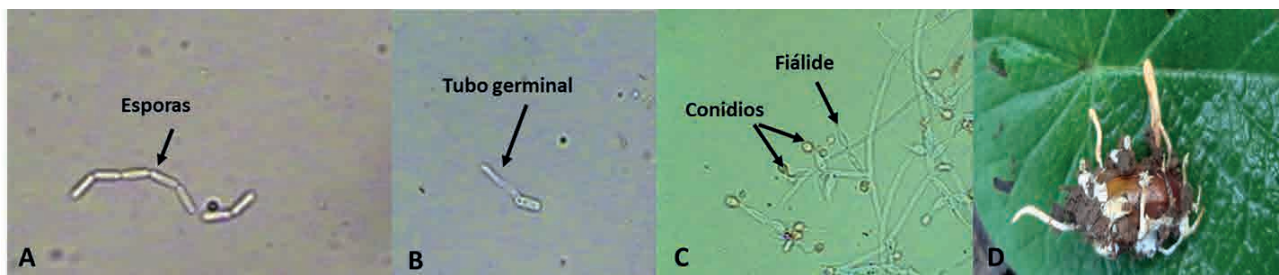


Figura 1. Ciclo de vida de una especie de *Cordyceps* sp. A) esporas, B) espora produciendo tubo germinal, C) hifas con fiálides y conidios, D) hongo emergiendo de un escarabajo adulto (Pérez-Villamares, 2019).

DIVERSIDAD DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS

A nivel mundial se han descrito entre 750 y 1000 especies de hongos entomopatógenos, las cuales se incluyen en cinco de los ocho grupos de hongos: Microsporidia, Chytridiomycota, Zygomycota, Basidiomycota y Ascomycota (Araújo y Hughes, 2016). Los dos grupos más diversos de hongos entomopatógenos son los Ascomycota, representados por el orden Hypocreales, el cual incluye especies de los géneros *Cordyceps* s.s. (*C. militaris*), *Beauveria* (*B. bassiana*), *Metarhizium* (*M. anisopliae*), entre otros (Shrestha *et al.*, 2017); y los Entomophthorales, que incluye especies de los géneros *Entomophthora* y *Entomophaga* (Augustyniuk-Kram y Kram, 2012) (figura 2). Los hongos entomopatógenos tienen como hospederos a 20 de los 31 grupos de

insectos que existen, por ejemplo, saltamontes, hormigas, escarabajos, mariposas, cucarachas, cigarras, entre otros. Los insectos pueden ser parasitados en cualquier etapa de desarrollo (huevos, larvas, pupas, ninfas y adultos) (Araújo y Hughes, 2016). Estos hongos se pueden encontrar en casi todos los ecosistemas terrestres del mundo, incluyendo el Círculo Ártico y la Antártica. Los Entomophthorales tienen menor diversidad de hospederos y son más comunes en bosques templados, mientras que las especies de Hypocreales tienen mayor número de hospederos y se encuentran principalmente en bosques tropicales (Augustyniuk-Kram y Kram, 2012).



Figura 2. Hongos entomopatógenos parasitando diferentes especies de insectos: A) *Isaria* sp parasitando un saltamontes, B) *Cordyceps* sp emergiendo de la parte trasera de un escarabajo, C) *Metarhizium* sp sobre larva de mariposa y D) *Ophiocordyceps* sp en un saltamontes (Pérez-Villamares, 2014).

¿TIENEN LOS INSECTOS ALGÚN MECANISMO DE DEFENSA?

Aunque el sistema de defensa de los insectos es muy sencillo, cuenta con el armamento suficiente para evitar la invasión de patógenos como hongos y bacterias. La primera herramienta de defensa del insecto, y quizá la barrera más importante, es la cutícula, ya que en ella se encuentran algunas sustancias como los ácidos grasos fungistáticos, fenoloxidasas y melanina, las cuales ayudan a detener el crecimiento y desarrollo de hongos. Si el hongo logra penetrar la cutícula del insecto, éste tendrá que combatir contra las defensas celulares y humorales del insecto.

Las células de defensa de los insectos son de dos tipos: las primeras son los fagocitos, células que se encargan de devorar a las células del hongo; las segundas son los hemocitos, los cuales encapsulan (atrapan) estructuras muy grandes que no pudieron consumir los fagocitos. Entre las defensas humorales del insecto se incluye la producción de fenoloxidasa, enzima que produce melanina, la cual se encarga de detener el desarrollo del hongo encapsulándolo en una vaina de melanina (Dubovskiy *et al*, 2013).

Por otro lado, no todos los insectos de la misma población son vulnerables a ser infectados por la misma especie de hongo debido a que la mayoría de los hongos entomopatógenos se especializan en atacar un solo tipo de insecto y sólo algunas especies son capaces de parasitar a diferentes especies de insectos. Además, las diferentes especies de hongos entomopatógenos, e inclusive las variedades de la misma especie, presentan diferentes niveles de virulencia (Augustyniuk-Kram y Kram, 2012). La vulnerabilidad de los insectos a ser parasitados depende de su etapa de desarrollo, siendo las etapas juveniles o inmaduras las más vulnerables (Augustyniuk-Kram y Kram, 2012), esto en parte podría deberse a que el cuerpo de los insectos juveniles es más blando que el de los adultos y a que los juveniles consumen más alimento que los adultos, lo cual aportaría más nutrientes para el hongo (Araújo y Hughes, 2016).





¿CUÁL ES LA IMPORTANCIA ECOLÓGICA DE LOS HONGOS ENTOMOPATÓGENOS?

Los insectos son el grupo de seres vivos más numeroso y diverso del planeta, y aunque estos organismos son muy importantes, también son el grupo que causa más daños en ecosistemas naturales y cultivos agrícolas debido a que en ocasiones algunos aumentan drásticamente el número de sus poblaciones provocando serios daños a la vegetación, o incluso pueden acabar con grandes áreas de bosque (Augustyniuk-Kram y Kram, 2012). Afortunadamente, en la naturaleza existen enemigos naturales de los insectos, como los

hongos entomopatógenos y los depredadores, sin embargo, las infecciones causadas por hongos entomopatógenos son la primera causa de la disminución de las poblaciones de insectos (figura 3) (Fuxa y Tanada, 1987).

Las infecciones dependen de la transmisión efectiva del hongo sobre la población del insecto y de la susceptibilidad de éste a la infección, además de la temperatura (25°C), humedad (70%) y la competencia con otros patógenos y depredadores. Estos factores

modifican el desarrollo tanto de la población del parásito como del insecto. La transmisión puede ocurrir de tres maneras: horizontalmente (de individuos infectados a individuos sanos de una misma generación), verticalmente (de una generación a otra de insectos) y por vectores. Esta última, junto con la lluvia y el viento, ayuda a los hongos entomopatógenos a distribuirse en el ambiente y colonizar otros hábitats (Meyling y Eilenberg, 2007; Augustyniuk-Kram y Kram, 2012).





Figura 3. A) Larva de mariposa alimentándose del follaje de encinos y B) larva de mariposa muerta por una especie de *Cordyceps* (Pérez-Villameres, 2013).

USO DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS EN EL CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS AGRÍCOLAS: VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Aunque los insectos son el grupo de seres vivos con mayor número de especies, sólo un pequeño porcentaje de éstas son consideradas plagas, las cuales son responsables de la destrucción de 18% de la producción agrícola a nivel mundial, causando daños económicos por alrededor de 100 billones de dólares cada año (Saranraj y Jayaprakash, 2017). Por otro lado, el uso indiscriminado de insecticidas químicos para el control de plagas ha tenido graves consecuencias, por ejemplo, ha provocado que los insectos se vuelvan resistentes a los componentes químicos, efectos tóxicos contra otros enemigos naturales de las plagas, contaminación ambiental y enfermedades al hombre (Saranraj y Jayaprakash, 2017).

El control biológico se refiere al empleo de enemigos naturales como agentes para el control de insectos pla-

ga (Barrera, 2007). Entre los enemigos se encuentran los hongos entomopatógenos, los cuales son una alternativa ambientalmente amigable para el control biológico de insectos plaga agrícolas y forestales. *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* son las dos especies más frecuentes en el control biológico de algunos insectos plaga en cultivos agrícolas y forestales (Meyling y Eilenberg, 2007). Además, estas especies pueden emplearse para el control de insectos causantes de enfermedades o que sirven de vectores de otros microorganismos que causan daños a plantas, animales e inclusive al humano, como la malaria o el dengue (Scholte *et al.*, 2004).

Entre las ventajas de emplear hongos entomopatógenos en el control biológico de insectos se encuentran: no afectan a otros insectos benéficos, presentan alto grado de especificidad,

la cual puede variar de una especie a otra, ya que algunas especies de hongos infectan a diversas especies de insectos y otras infectan a un reducido número o a una sola especie; no contaminan el ambiente, no dejan residuos tóxicos en los alimentos y no son peligrosos para los humanos; no desarrollan resistencia en los insectos y su empleo es relativamente barato. En cuanto a las desventajas, se puede mencionar que, por su especificidad, sólo atacan a un número restringido de insectos, su efectividad se ve afectada por condiciones ambientales como la radiación ultravioleta, la desecación por las altas temperaturas, su efecto depende del contacto directo con el insecto y su empleo debe realizarse en conjunto con otras acciones, además de realizar programas de manejo integrado de plagas por personal capacitado (García *et al.*, 2008).

CORDYCEPS, UN HONGO PARTICULAR

Cordyceps es un amplio grupo de hongos que parasitan insectos, arañas e inclusive a otros hongos y semillas de plantas (Sung *et al.*, 2007). Se estima que existen más de 400 especies, las más comunes son las de los géneros *Cordyceps*, dicho propiamente, *Beauveria*, *Metarhizium*, *Ophiocordyceps* y *Tolyocladium* (Shrestha *et al.*, 2017). A diferencia de otros hongos que parasitan insectos, las especies de *Cordyceps* desarrollan cuerpos fructíferos llamados estromas con gran variedad de formas y colores, los cuales emergen del cuerpo del insecto (figura 4) (Shrestha *et al.*, 2016). Un caso muy singular y aterrador, por la forma en que infectan a sus víctimas, son algunas especies del género *Ophiocordyceps*, que atacan hormigas, una vez que el hongo logra infectarlas, éste modifica

su comportamiento, haciendo que las víctimas dejen la colonia y trepen a lo alto de ramas en donde mueren aferradas con su mandíbula, esto para que el hongo pueda dispersarse y así poder infectar a más hormigas. Por esta peculiaridad, a estas especies se les conoce como los hongos de las hormigas zombis (Araújo y Hughes, 2015). Además de parasitar insectos, algunas especies tienen muchas propiedades medicinales anticancerígenas, antitumorales, mejoran el sistema inmunológico, entre otros, debido a la presencia de compuestos bioactivos como la cordicepina. Las especies más empleadas por sus propiedades medicinales son *Cordyceps militaris* y *Ophiocordyceps sinensis*, especies muy valoradas especialmente en Asia (Corea, China, Japón) (Shrestha *et al.*, 2012).



Figura 4. Especies de *Cordyceps*: A) *Cordyceps* sp sobre pupa de mariposa, B) *Ophiocordyceps* sp sobre larva de mariposa, especie de *Cordyceps* sp en estado inmaduro (asexual) sobre pupa de mariposa (Pérez-Villamares, 2014).

CONCLUSIÓN

Como nos pudimos dar cuenta, los hongos entomopatógenos son más héroes que villanos, ya que, al cumplir su función ecológica, evitan que los insectos dañen la estructura y el equilibrio de los ecosistemas naturales. Gracias a esto, pueden emplearse como agentes de control biológico de plagas que dañan cultivos agrícolas y ocasionan grandes pérdidas económicas. Estos hongos también se pueden utilizar en el control de poblaciones de insectos que sirven como vectores de microorganismos que dañan la salud de los humanos.

Por otro lado, al funcionar como insecticidas naturales que no dañan al

ambiente, no afectan a otros insectos y tampoco ponen en riesgo la salud humana, son una gran alternativa ante el empleo desmedido de pesticidas químicos que contaminan el ambiente y afectan la salud humana. Por si fuera poco, algunas especies de hongos entomopatógenos como *Cordyceps militaris* y *Ophiocordyceps sinensis* tienen grandes e importantes propiedades medicinales, ya que producen compuestos que benefician la salud humana. Como villanos, los únicos que deben temer a su presencia son los insectos... o ¿tú que piensas?, ¿los hongos entomopatógenos son héroes o villanos?

REFERENCIAS

- Araújo J.P.M., y Hughes, D.P. (2015). Multiple new species of *Ophiocordyceps* fungus on ants. *bioRxiv*. Doi: <http://dx.doi.org/10.1101/017723>
- Araújo J.P.M., y Hughes D.P. (2016). Diversity of entomopathogenic fungi: which groups conquered the insect body? *Advances in Genetics*. 94: 1-39.
- Augustyniuk-Kram, A., y Kram, K.J. (2012). Entomopathogenic Fungi as an Important Natural Regulators of Insect Outbreaks in Forests (Review) [pp. 265-295]. En: Blanco, J.A. (Ed.) *Forest Ecosystems-More Than Just Trees*. Croacia: In Tech.
- Dubovskiy, I.M., Whitten, M.M.A., Yaroslavtseva, O.N., *et al.* (2013). Can Insects Develop Resistance to Insect Pathogenic Fungi? *PLoS ONE*. 8(4): e60248.
- Barrera, J.F. (2007). Introducción, filosofía y alcance del control biológico. En: L.A. Arredondo-Bernal, y H.C. Rodríguez-del-Bosque (Eds). *Teoría y aplicación del control biológico*. México: Sociedad Mexicana de Control Biológico (pp. 2-13).
- Fuxa, J.R., y Tanada Y. (1987). *Epizootiology of insect diseases*. New York: Wiley-Interscience.
- García-García, M.A., Cappello-García, S., Leshner-Gordillo, J.M., *et al.* (2008). Hongos entomopatógenos como una alternativa en el control biológico. *Kuxulkab*. 25-28.
- Kendrick, B. (2011). Fungi: Ecological Importance and Impact on Humans. In *eLS*, (Ed.). Doi:10.1002/9780470015902.a0000369.pub2
- Meyling, N.V., y Eilenberg, J. (2007). Ecology of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in temperate agroecosystems: Potential for conservation biological control. *Biological Control*. 43: 145-155.
- Saranraj, P., y Jayaprakash, A. (2017). Agrobeneficial entomopathogenic fungi-*Beauveria bassiana*: a review. *Indo-Asian Journal of Multidisciplinary Research*. 3(2): 1051-1087.
- Scholte, E.J., Knols, B.G.J., Samson, R.A., *et al.* (2004). Entomopathogenic fungi from mosquito control: A review. *Journal on Insect Science*. 4: 19-24.
- Shrestha, B., Zhang, W., Zhang, Y., *et al.* (2012). The medicinal fungus *Cordyceps militaris*: research and development. *Mycological Progress*. 11: 599-614.
- Shrestha, B., Tanaka, E., Hyun, M., *et al.* (2016). Coleopteran and Lepidopteran Hosts of the Entomopathogenic Genus *Cordyceps sensu lato*. *Journal of Micology*. 2016: 1-14.
- Shrestha, B., Sung, G.H., y Sung, J.M. (2017). Current nomenclatural changes in *Cordyceps sensu lato* and its multidisciplinary impacts. *Mycology*. 8: 293-302.
- Sung, G.H., Hywel-Jones, N.L., Sung, J.M., *et al.* (2007). Phylogenetic classification of *Cordyceps* and the clavicipitaceous fungi. *Studies in Mycology*. 57: 5-59.
- Zimmerman G. (2007). Review on safety of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii*. *Biocontrol Science and Technology*. Tylor and Francis Group. Pp. 553-596.



Sarahí Rubio Tinajero, Criseida Alhelí Sáenz Pérez,
Eduardo Osorio Hernández*

Sábila

(*Aloe vera*): propiedades, usos y problemas



La *Aloe vera* (Tourn. ex Linn; sin: *Aloe barbadensis* Miller) tiene su origen en el continente africano, en la península de Arabia, Asia y del Mediterráneo (Calderón-Oliver *et al.*, 2011). América se considera el mayor productor de *Aloe vera* a nivel mundial, aportando alrededor de 81% en la producción total, destacando México como principal país productor con 10,700 ha cultivadas al año. Cabe mencionar que otros productores importantes son República Dominicana, Estados Unidos y Costa Rica (IASC 2004).

México sobresale como principal país exportador a nivel mundial de materia prima de este cultivo (SIAP, 2015). En el ámbito nacional, el cultivo de *Aloe vera* se concentra principalmente en los estados de Veracruz, Yucatán y Tamaulipas (Álvarez *et al.*, 2012). El estado de Tamaulipas ocupa el primer lugar en producción en el país (figura 1) con 158,000 ton por año, se distribuye entre los municipios de Llera, Padilla, Tula y principalmente en González y Jaumave (Milenio, 2018). Sin embargo, a pesar de la gran importancia que tiene el cultivo, existe poca información en México (SIAP, 2015).

*Universidad Autónoma de Tamaulipas.
Contacto: eosorio@docentes.uat.edu.mx

Existe una amplia diversidad de especies de *Aloe vera*, como *Aloe perryi* Baker, *Aloe ferox* Mill. y *Aloe barbadensis* Mill., esta última especie es la que se cultiva en el estado de Tamaulipas (Calderón-Oliver *et al.*, 2011). Es importante mencionar que dicho cultivo se emplea para elaborar productos alimenticios, cosméticos y farmacéuticos (Patishtán *et al.*, 2010). Lo anterior le confiere una importancia económica a nivel mundial, tanto en la industria como en la agricultura (Álvarez *et al.*, 2012).

Sin embargo, es en este último aspecto que se presenta una limitante fundamental para la producción del cultivo de *Aloe vera*, el ataque de diversos fitopatógenos como *Fusarium* spp., *Penicillium* spp. y *Pectobacterium* spp. (Jiménez, 2015). Además, presenta el ataque de *Erwinia chrysanthemi*, causante de la pudrición blanda (Pedroza *et al.*, 2011). Por lo anterior, el objetivo de esta revisión fue examinar la información de procedencia científica del *Aloe vera* sobre su caracterización, composición química, usos y problemas fitopatólogicos que limitan su producción en el estado de Tamaulipas.



TAXONOMÍA Y CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS

La *Aloe vera* pertenece a la división: *Magnoliophyta*, clase: Liliopsida, orden: Asparagales, familia: *Xanthorrhoeaceae*, subfamilia: *Asphodeloideae*, género: *Aloe*, especie: *Aloe vera* y su nombre común es sábila. Esta planta se considera dentro de las suculentas, perteneciente a las crasuláceas (CAM), dado que está compuesta en su mayoría por agua (95%), por lo tanto, sus hojas son carnosas y elongadas (Hamman, 2008). Estos órganos vegetales alcanzan una altura de hasta 70 cm y se componen de un exocarpio que es la corteza de la hoja, el parénquima, conocida como gel; asimismo, entre la corteza y el gel se encuentran los conductos de aloína, esta planta también cuenta con un escapo floral de 30 a 40 cm de longitud, y la inflorescencia es racimosa con flores tubulares, colgantes y de color amarillo (Jiménez, 2015).

COMPOSICIÓN QUÍMICA

La composición química del *Aloe vera* se conforma por ácidos galacturónicos, glucorónicos y unidos a azúcares como glucosa, galactosa y arabinosa (Domínguez-Fernández *et al.*, 2012). De igual manera, están presentes otros polisacáridos con alto contenido de ácidos urónicos, fructosa, azúcares hidrolizables y compuestos fenólicos que se clasifican en dos grandes grupos: cromonas y antroquinonas (Rana *et al.*, 2018).



USOS Y PROPIEDADES GENERALES

Aloe vera es una de las 11 plantas más utilizadas en la industria naturista para elaborar fármacos (Pedroza *et al.*, 2011), fortalece el sistema inmunológico (Ni *et al.*, 2004). Además, ayuda a las afecciones en los ojos y desórdenes intestinales como el control del estreñimiento y actúa como antidisentérica, antihemorroidal, cicatrizante, laxante y coletérica. Los desórdenes intestinales son curados gracias a los metabolitos secundarios que contiene, ya que se encuentran las antraquinonas, incluyendo emodina de *Aloe* y crisofanol, que ayudan en el sistema gastrointestinal (Serrano, 2005).

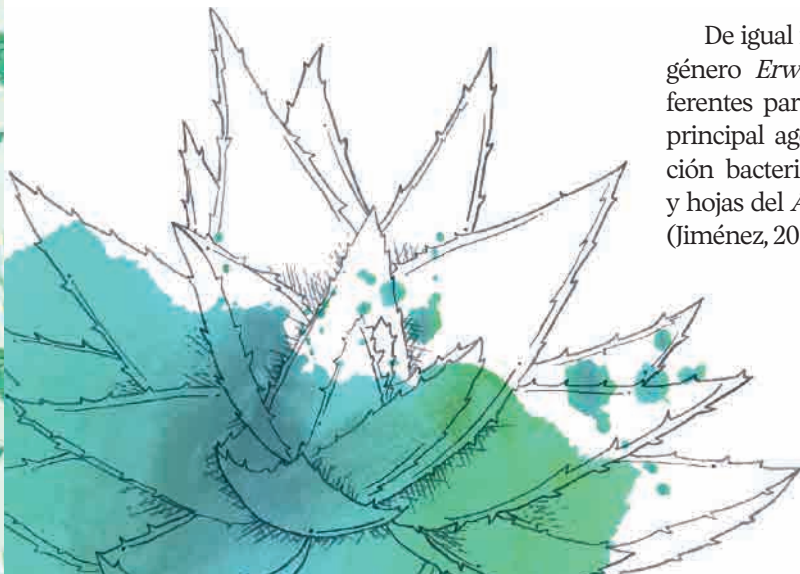
Aloe vera ha sido utilizada para las heridas, quemaduras y problemas de la piel, debido a su actividad contra enfermedades como dermatitis y psoriasis (Esmaeili y Ebrahim-

zadeh, 2015). Asimismo, la *Aloe vera* posee una amplia gama de propiedades que se aprovechan para la preparación de bebidas, yogures y suplementos (Ahlawat y Khatkar, 2011).

FACTORES LIMITANTES PARA LA PRODUCCIÓN

Para abastecer la demanda de *Aloe vera*, es necesario considerar distintos factores que restringen su producción, como plagas, deficiencia o exceso de agua, radiación solar, falta de nutrientes, salinidad (Pedroza y Gómez, 2014). Sin embargo, una de las principales limitantes para la producción es el ataque de diversos fitopatógenos, el principal en *Aloe vera* es el hongo *F. oxysporum* (figuras 1A y 1C), dicho patógeno origina la podredumbre de la base del tallo y se extiende a las hojas, donde se muestra el amarillamiento y marchitamiento de las hojas, y por consiguiente la muerte de la planta (Kawuri *et al.*, 2012).

De igual manera, las bacterias del género *Erwinia* se reportan en diferentes partes del mundo como el principal agente causal de la pudrición bacteriana suave en raíz, tallo y hojas del *Aloe* spp. (figuras 1B y 1D) (Jiménez, 2015).



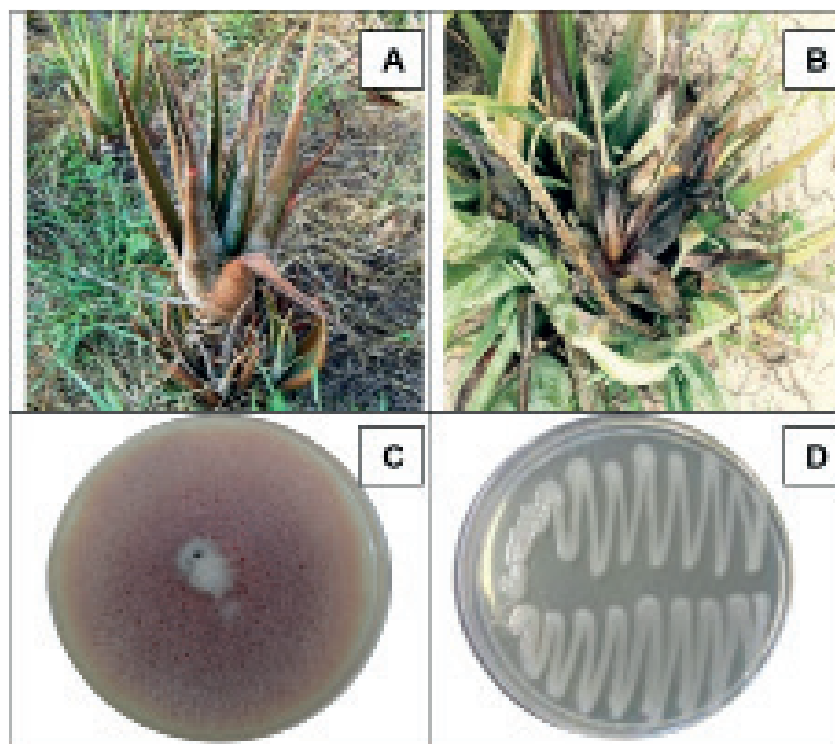


Figura 1. (A) *Fusarium*: necrosis en la raíz, amarillamiento y marchitez de las hojas y (B) *Dickeya chrysanthemi*, pudrición blanda en tallo que se extiende a través de las hojas. (C) Crecimiento micelial de *Fusarium* y (D) aislado de *Dickeya chrysanthemi* (elaboración propia con base en fotografías de campo y laboratorio).

CONCLUSIONES

El cultivo de *Aloe vera* es de gran importancia en el estado de Tamaulipas, ya que es considerado el principal estado productor del país y México destaca como principal país productor a nivel mundial, y dicho cultivo se aprovecha en la industria cosmética, farmacéutica y alimenticia. Por lo anterior, la superficie de siembra va en aumento y con ello la aparición de microorganismos fitopatógenos, como *Fusarium oxysporum*, *Erwi-*

nia, *Pectobacterium* y *Dickeya*. Hasta el momento se conoce que productos a base de *Trichoderma* spp. han funcionado en la recuperación de plantaciones afectadas con *Fusarium oxysporum*, sin embargo, a pesar de la importancia del cultivo de *Aloe vera*, existen pocos trabajos de investigación en el estado, por lo tanto, es necesario realizar más y mejor investigación.

REFERENCIAS

- Ahlawat, K.S., y Khatkar, B.S. (2011). Processing, food applications and safety of *Aloe vera* products: a review. *Journal of Food Science and Technology*. 48(5): 525-33.
- Álvarez, M.G., Rodríguez, G.R., y Flores, M.A. (2012). Efectos de la certificación sobre la competitividad de la industria de la sábila en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 30: 921-929.
- International Aloe Science Council. (2004). *Aloe Vera Scientific Primer*. Disponible en <http://portals7.gomembers.com/iasc/>
- Calderón-Oliver, M., Quiñones, P.M.A., y Pedraza-Chaverri, J. (2011). Efectos benéficos del *Aloe* en la salud. *Revista especializada en Ciencias de la Salud*. 14: 53-73.
- Cedeño, L., Briceño, R.A., y Fermín, G. (2010). Antracnosis en sábila causada por *Colletotrichum gloeosporioides* en la zona árida del estado Mérida, Venezuela. *Fitopatología Venezolana*. 23: 30-34. CISION.
- Esmaili, A., y Ebrahimzadeh, M. (2015). Preparation of Polyamide Nanocapsules of *Aloe vera* L. Delivery with In Vivo Studies. *AAPS PharmSciTech*.
- Hamman, J.H. (2008). Composition and Applications of *Aloe vera* Leaf Gel. *Molecules*. 13: 1599-1616.
- Jiménez, C.H.E. (2015). Identificación de fitopatógenos asociados a las principales enfermedades del cultivo de sábila en los municipios de Agua de Dios y Ricaurte (Cundinamarca). *Revista Tecnología y Productividad Girardot Regional Cundinamarca*. 1:35-50.
- Lugo, Z., Tua, D., y Medina, R. (2004). Pudrición del tallo y raíz en sábila (*Aloe vera*) causada por *Rhizoctonia* en el estado Falcón, Venezuela. *Fitopatología Venezolana*. 17: 49-51.
- MILENIO. (2018). *Tamaulipas, líder en producción de sábila*. Disponible en: <http://www.milenio.com/negocios/tamaulipas-lider-en-produccion-de-sabila>.
- Ni, Y., Turner, D., Yates, K.M., et al. (2004). Isolation and characterization of structural components of *Aloe vera* L. leaf pulp. *International Immunopharmacology*. 14: 1745-55.
- Osorio-Hernández, E., Hernández-Morales, J., Conde-Martínez, V., et al. (2014). Biocontrol of *Phytophthora parasitica* and *Fusarium* spp., by *Trichoderma* spp., in *Hibiscus sabdariffa* plants under field and greenhouse conditions. *African Journal of Agricultural Research*. 9: 1398-1345.
- Patistán, P.J., Rodríguez, G.R., Zavala, G.F., et al. (2010). Conductancia estomática y asimilación neta de CO₂ en sábila (*Aloe vera* Tournefort) bajo sequía. *Revista Fito-tecnia México*. 33: 305-314.
- Pedroza, S.A., Fucikovsky, Z.L. y Samaniego, G.I.A. (2011). Etiología y patogenicidad de la bacteriosis de la sábila (*Aloe barbadensis*). *Revista Mexicana de Fitopatología*. 29: 76-77.
- Pedroza, S.A., y Gómez, L.L. (2014). *La sábila (Aloespp.)*. Universidad Autónoma Chapingo. México. 209 p.
- Rana, S., Sharma, D., y Bakshi, N. (2018). A mini review on morphological, biochemical and molecular characterization of *Aloe vera* L. *International Journal of Chemical Studies*. 6: 3109-3115.
- Schmelzer, G.H., y Gurib-Fakim, A. (2008). *Plant resources of Tropical Africa*. Medicinal plants 1. PROTA Foundation, Wageningen, Netherlands/Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands/CTA, Wageningen, Netherlands 1: 791 pp.
- Serrano R.A. (2005). *Aloe vera*: ¿respalda la evidencia científica las cualidades que le atribuye la medicina natural? *Metas de Enfermería*. 8: 21-22.
- SIAP. (2015). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cierre de la producción agrícola por cultivo*. México. Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/identidad/index.jsp
- Vásquez-Ramírez, L.M., y Castaño-Zapata, J. (2017). Manejo integrado de la marchitez vascular del tomate [*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (SACC.) W.C. SNYDER & H.N. Hansen]: Una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. 20: 363-374.
- Vega, G.A., Ampuero, C.N., Díaz, N.L., et al. (2005). El *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* miller) como componente de alimentos funcionales. *Revista chilena de nutrición*. 32: 208-214.



SECCIÓN ACADÉMICA

**Patrones de supervivencia de *Pinus
cembroides* Zucc. en una comunidad
montañosa del NE de México**

31



Patrones de supervivencia de *Pinus cembroides* Zucc. en una comunidad montañosa del NE de México

Jaime F. García*

DOI: 10.29105/cienciauanl23.99-1

RESUMEN

Se espera que los efectos del calentamiento global incrementen fenómenos meteorológicos extremos como sequías y lluvias torrenciales, estableciendo la necesidad de integrar sus consecuencias al manejo de ecosistemas. La supervivencia de plántulas de *Pinus cembroides* en una comunidad montañosa del noreste de México, debido a: (1) la pendiente del suelo, (2) las plantas nodrizas, (3) el hábitat y (4) la variación interanual en lluvias, fue examinada y se probaron hipótesis para identificar patrones de supervivencia de plántulas. Los resultados indican: (i) mayor supervivencia de plántulas en sitios con pendientes $>30^\circ$, (ii) la asociación nodriza-protegida incrementó la supervivencia de plantas, (iii) entre hábitats la supervivencia fue mayor en vegetación densa y (iv) mayor supervivencia de plántula en vegetación densa en el año húmedo. Los manejadores deberán considerar acciones que promuevan el reclutamiento de plantas a través de la conservación de sitios ideales para el establecimiento de plantas.

Palabras clave: supervivencia, manejo, montaña, vegetación densa.

Evidencias del cambio climático han sido documentadas por investigadores en términos de cambios en temperaturas (Hughes, 2000). Lo que está alterando la distribución de plantas (McLachlan *et al.*, 2005) y animales (Peterson *et al.*, 2002). El impacto del cambio climático sobre las plantas, en sus ecosistemas naturales, ha sido documentado en la investigación ecológica actual (Müller, 2017). Las proyecciones climáticas predicen alteraciones en la frecuencia e intensidad de fenómenos meteorológicos extremos, como sequías y lluvias torrenciales (Gobiet *et al.*, 2014; IPCC, 2013). Las sequías extremas han sido asociadas a la reducción en la absorción de CO_2 y a menor crecimiento de plantas, reduciendo el potencial de sumidero de carbono del ecosistema (Frank *et al.*, 2015).

México es un país altamente vulnerable a las sequías, 52% de su territorio está clasificado como árido o semiárido (Espar-

ABSTRACT

*The effects of global warming are expected to increase extreme weather events such as droughts and torrential rains, establishing the need to integrate its consequences to the ecosystem management. Survival of *Pinus cembroides* seedlings in a mountainous community of Northeast Mexico, due to: (1) slope of the soil, (2) nurse plants, (3) habitats and (4) annual variation in rainfall, was examined and hypotheses were tested to identify seedling survival patterns. The results indicate: (i) there is greater seedling survival at sites with slopes $> 30^\circ$, (ii) the nurse-protected association increased plant survival, (iii) between habitats, survival was higher in dense vegetation and (iv) there is greater seedling survival in dense vegetation in the wet year. Managers should consider actions that promote the plants recruitment, through the conservation of sites ideal to plants establishment.*

Keywords: survival, management, mountain, dense vegetation.

za, 2014), con escasas lluvias a lo largo del año, las sequías se presentan de manera frecuente. En la zona montañosa del sur de Nuevo León, *Pinus cembroides* (piñón piñonero) es la especie de plantas arbóreas más ampliamente distribuida en el ecosistema y sus semillas son colectadas para consumo humano (García y Jurado, 2015). En esta región, históricamente se presentan índices pluviales bajos que oscilan entre 279.4 y 517.1 mm (Conagua, 2009), por lo que las sequías son recurrentes. No obstante, en ecosistemas semiáridos como el de la región montañosa del sur de Nuevo León, la variación interanual en precipitaciones puede jugar un papel crucial en la dinámica de las poblaciones vegetales. En esta región montañosa los efectos de la sequía pueden no estar generalizados en el ecosistema, debido

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

a la variación en la topografía local y a las múltiples interacciones entre plantas que pueden reducir o incrementar la supervivencia de plantas. Un aumento en la humedad aprovechable del suelo causada por lluvias torrenciales puede incrementar el establecimiento de plantas (García, 2011), y limitarlo en años secos.

El presente estudio examina factores asociados a la supervivencia de plántulas en el estadio temprano de establecimiento, lo que permitirá identificar patrones de supervivencia y contribuirá a predecir futuras distribuciones de la especie a escala regional. Se examina el efecto de la pendiente del suelo y de las plantas nodrizas en plántulas ≤ 20 cm, las cuales representan a los individuos de la regeneración, se estudia la biología de establecimiento de plántulas sembradas y plantadas, lo que permitirá: *i*) cuantificar el efecto de la pendiente del suelo en la supervivencia de plántulas ≤ 20 cm, *ii*) determinar si la supervivencia de plántulas ≤ 20 cm es mayor bajo el dosel de la vegetación, *iii*) cuantificar el efecto del hábitat en la supervivencia de plántulas y *iv*) establecer el efecto de la variación interanual en precipitaciones en la supervivencia de plántulas.

Se probaron cuatro principales hipótesis: (1) la supervivencia de plántulas en suelos con diferentes grados de pendiente varía a lo largo del ecosistema debido a hábitats más o menos estresantes, (2) plantas nodrizas del sotobosque son mecanismos de facilitación planta-planta y promueven mayor supervivencia de plantas, (3) la supervivencia de plántulas es más alta en hábitats con mayor cubierta vegetal y (4) la variación interanual en precipitaciones incrementa la supervivencia de plántulas en el hábitat ideal en año húmedo.

MÉTODOS

Sitio de estudio

El estudio se realizó desde el otoño de 2007 al de 2014, en cinco comunidades montañosas ubicadas en La Ascensión, Aramberri, Nuevo León, cuyas coordenadas geográficas son: *I*) 24° 30' 43" N, 99° 36' 34" W; *II*) 24° 31' 23.3" N, 99° 59' 28.9" W; *III*) 24° 28' 39.6" N, 99° 59' 34.2" W; *IV*) 24° 33' 52.8" N, 99° 37' 50.3" W, y *V*) 24° 30' 55.2" N, 99° 53' 59.3" W. El clima es fresco, medio seco con una precipitación anual que en el periodo de estudio osciló entre 374.1 a 1007.4 mm (figura 1a-b). Se presentan escasas lluvias en primavera y ligeramente intensas en verano y principios del otoño. Las temperaturas promedio fueron: media anual 16.8°C, máxima 24.5°C y mínima de 8.7°C. En invierno frecuentemente se presentan temperaturas que oscilan entre -1 y -6°C (Comisión Nacional del Agua, estación La Ascensión).

EFFECTO DE LA PENDIENTE DEL SUELO

Para establecer el efecto de la pendiente en la supervivencia de plántulas de *P. cembroides* ≤ 20 cm, en diciembre de 2012 se seleccionaron cuatro áreas con dos tipos de pendiente, en cada área se establecieron cuatro sitios y en cada sitio se contaron los individuos en dos parcelas de 10x25 m y todos los individuos fueron registrados en un mapa. Las pendientes se clasificaron en: *a*) baja a moderada 0-30° y *b*) pronunciada $>30^\circ$. En diciembre de 2014 las plántulas registradas dentro de cada parcela se contaron e identificaron como vivas o muertas, y se compararon los niveles de supervivencia entre pendientes con una prueba *t* de Student para muestras independientes.

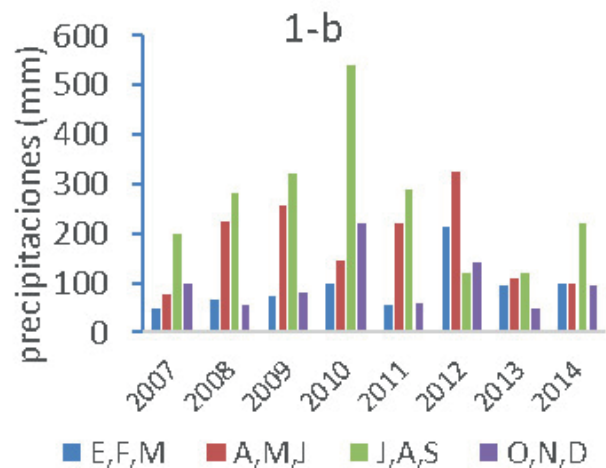
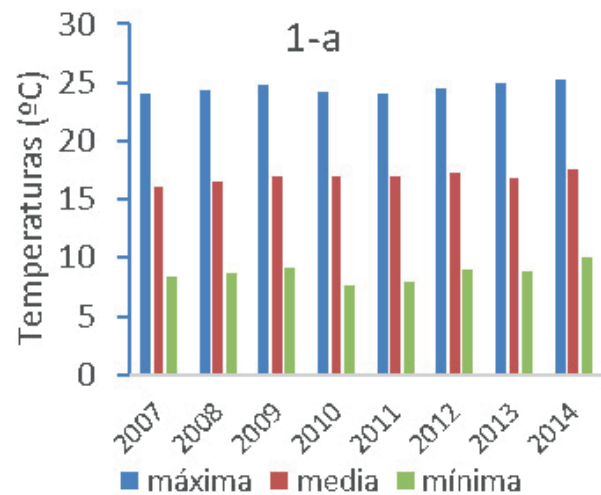


Figura 1. Registro de temperaturas (1-a) y precipitaciones (1-b) en la zona de estudio (datos proporcionados por la CNA).

Efecto de las plantas nodrizas

Para probar la hipótesis de que las plántulas de *P. cembroides* ≤ 20 cm creciendo con plantas del sotobosque presentan mayor tasa de supervivencia, en el invierno de 2012 (un año con abundantes lluvias de primavera, figura 1-b), en las cinco áreas de muestreo, se establecieron cuatro sitios por área y en cada sitio se muestrearon los individuos en tres parcelas de 10x25 m, se ubicaron las plántulas de *P. cembroides* ≤ 20 cm y se clasificaron creciendo en asociación con: (i) vegetación del sotobosque (hierbas, pastos, arbustos y cactus, tabla I), (ii) bajo el dosel de *P. cembroides* y (iii) sobre suelo despejado con baja cobertura de vegetación. En el invierno de 2014 las plántulas fueron contadas y clasificadas como vivas o muertas y los niveles de supervivencia entre los tres hábitats: (i) vegetación del sotobosque, (ii) bajo el dosel de *P. cembroides* y (iii) suelo con escasa cobertura de vegetación, fueron comparados utilizando la prueba de Kruskal-Wallis para *K* muestras independientes.

Efecto del hábitat en la supervivencia de plántulas

Para probar el efecto del hábitat en la supervivencia de *P. cembroides* se colectaron semillas del piñonero durante el otoño de 2007. La colecta fue realizada de poblaciones naturales de *P. cembroides* distribuidas en los sitios de muestreo. En cada sitio se seleccionaron 50 árboles con el fin de abarcar la variación genética natural de las poblaciones, la distancia entre árboles fue de 50 m. Se seleccionaron árboles fenotípicamente superiores y se colectaron semillas sin evidencias de parasitismo o daños por insectos (García-Pérez *et al.*, 2007). Las semillas fueron mezcladas y puestas a secar en papel estraza con bolsas de gel de sílice para controlar la humedad y permitir su maduración; antes de cada ensayo las semillas fueron escarificadas con papel lija #40, tratamiento reportado como eficaz para causar la germinación de semillas con integumentos duros en el noreste de México (Jurado *et al.*, 2006).

En septiembre de 2008 y agosto de 2009, época del año que coincide con la germinación y el establecimiento de especies nativas en la región (García y Jurado, 2015), fueron elegidos tres sitios con hábitats contrastantes: i) suelo abierto (SA) con escasa vegetación preexistente, ii) bajo dosel de pino (BP) a un radio de 2 m de la base del pino y iii) vegetación densa (VD) o de sotobosque (tabla I). En cada hábitat se escogieron treinta parcelas de 2x2 m (15/año). El número de parcelas utilizado fue definido de acuerdo a la fórmula desarrollada por Lozano-Rivas (2011).

Se sembraron 40 semillas por parcela a una distancia entre semillas de 40 cm. Las semillas para su emergencia y crecimiento dependieron de las condiciones ambientales. El ensayo fue replicado en agosto de 2009 y la supervivencia de plantas fue reportada cada semana por 18 meses. La supervivencia acumulada de plantas fue calculada como porcentaje de supervivencia de plántulas = (número de plántulas vivas/número de plántulas emergidas)*100. La supervivencia de plantas de semillas sembradas entre hábitats (SA, BP y VD) fue evaluado mediante el uso de ANOVA ($\alpha = 0.05$) de un factor; se utilizaron pruebas múltiples de comparación de promedios de Tukey cuando los ANOVA indicaron diferencias estadísticas significativas. E intervalos de confianza ($\alpha = 0.05$) en la gráfica para resaltar las diferencias de supervivencia entre hábitats. Previo a los análisis, los datos fueron transformados mediante la función arcoseno para ajustarse a la distribución normal (Sokal y Rohlf, 1995).

Efecto de la variación interanual en precipitaciones en la supervivencia de plántulas

Para contrastar el efecto interanual debido a las precipitaciones de verano-otoño de 2010 y 2011, en plántulas plantadas en tres hábitats (SA, BP y VD), se preparó sustrato a base de tierra y hojarasca proveniente de los tres hábitats y se depositó en bolsas de plástico de 6128.5 cm³. En septiembre de 2009 y 2010 se sembraron semillas de *P. cembroides* previamente escarificadas en los contenedores (una semilla por contenedor). Las semillas fueron regadas cada tercer día, para su germinación y crecimiento. Posteriormente, las plántulas fueron plantadas en cada hábitat en septiembre de 2010 y agosto de 2011, cada planta tenía aproximadamente 15 meses de edad. Para la plantación fueron seleccionados individuos de altura uniforme para eliminar sesgo en los resultados. La altura de plantas (cm) y el diámetro del tallo (mm) en 2010 y 2011 fueron: i) en SA 22.5 \pm 1.8, 13.3 \pm 4.5; 26.9 \pm 2.9, 15.1 \pm 6.7; ii) BP 24.1 \pm 2.3, 16.9 \pm 6.8; 20.3 \pm 1.7, 16.5 \pm 9.9, y iii) en VD 23.2 \pm 3.4, 15.6 \pm 11.3; 26.0 \pm 2.6, 16.3 \pm 8.1 ($\bar{X} \pm$ DE.). Se registraron un total de 600 plántulas: (10 plántulas x 3 hábitats x 2 años x 10 sitios replicados). Para el trasplante, el cepellón fue cuidadosamente retirado de la bolsa y depositado en hoyos de 20 cm de diámetro por 30 cm de profundidad. Para evitar el estrés postransplante, las plántulas fueron regadas con aproximadamente 5 l de agua *in situ* cada tercer día por dos semanas. Las plántulas fueron rociadas con una dilución de insecticida (piretrina sintética) una vez por semana, para controlar el daño por insectos defoliadores de la orden lepidóptera e himenóptera, los cuales, en su fase larval

o adulta, se alimentan del follaje de la planta, ocasionando una reducción del área foliar, lo que trae como consecuencia el debilitamiento de la planta. Las plantas fueron ubicadas en un área heterogénea boscosa de 10 ha, que en los tres hábitats albergó diferentes especies de plantas (tabla I). Se tomaron datos cada semana por un total de 18 meses, y el porcentaje de supervivencia de plántulas fue calculado como (número de plántulas vivas/total de plantas)*100. El efecto interanual debido a las lluvias, en plántulas trasplantadas entre los tres hábitats (tabla I) se evaluó con ANOVA de dos factores, éstos fueron: 1. la exposición a la lluvia de verano-otoño: de (i) 2010 y (ii) 2011 y 2. hábitats: (iii) suelo abierto SA, (iv) bajo dosel de pino BP y vegetación densa VD. Se generaron seis tratamientos (2 años x 3 hábitats): 1) SA-2010, 2) BP-2010, 3) VD-2010, 4) SA-2011, 5) BP-2011 y 6) VD-2011. Se utilizaron pruebas de Tukey e intervalos de confianza ($\alpha = 0.05$) en las gráficas para resaltar las diferencias de supervivencia entre hábitats y años. Los datos fueron transformados mediante la función arcoseno para ajustarse a la distribución normal.

RESULTADOS

La pendiente del suelo

Se registró un total de 1208 plántulas, 609 en la pendiente baja 0-30° y 599 en la pendiente pronunciada >30°. Sobrevivieron 542 plántulas, 192 en la pendiente baja y 350 en la pendiente pronunciada, % de supervivencia = 44.9%. Los resultados ($t = 10.3$, g. l. = 15, $p < 0.05$; figura 2-a) indican diferencias en la supervivencia de plantas entre las laderas 0-30° (35.4%) y >30° (64.6%). La mayor supervivencia de plántulas se presentó en la pendiente >30°. En plantaciones forestales en suelos severamente erosionados, Gómez-Romero *et al.* (2012) mencionan similar tendencia en *P. cembroides* > a 50cm.

Plantas nodrizas

Hubo un total de 1625 plántulas, 601 en suelo abierto, 499 bajo el dosel del pino y 525 en la vegetación del sotobosque, sobrevivieron 870 individuos, % de supervivencia = 53.5%. Se registraron 173 plántulas en suelo abierto (% de supervivencia = 19.9%), 214 bajo el dosel del pino (% de supervivencia 24.6%), mientras que en el sotobosque se registraron 483 individuos (% de supervivencia = 55.5%). Los hábitats con alta cobertura de plantas se asociaron significativamente con la supervivencia ($\chi^2 = 14.08$, g. l. = 2, $p < 0.02$; figura 2-b). La alta supervivencia de *P. cembroides* bajo plantas nodrizas indica una interacción positiva con la vegetación del sotobosque (tabla I), lo que incrementa el gradiente de supervivencia.

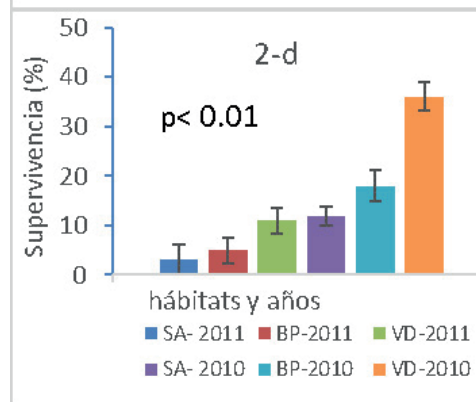
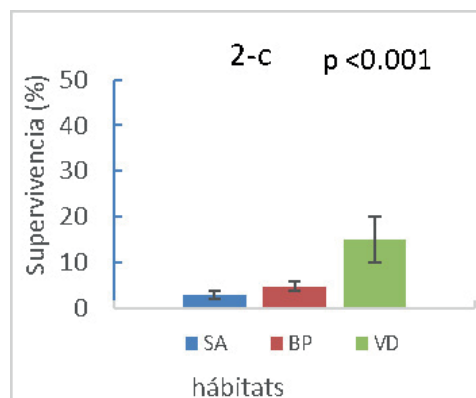
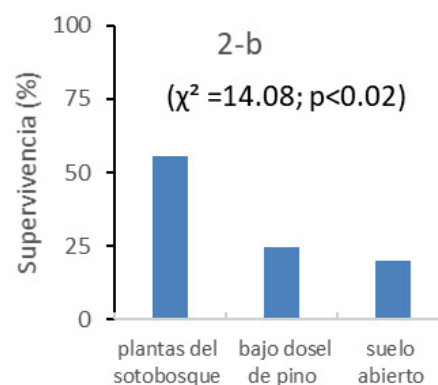
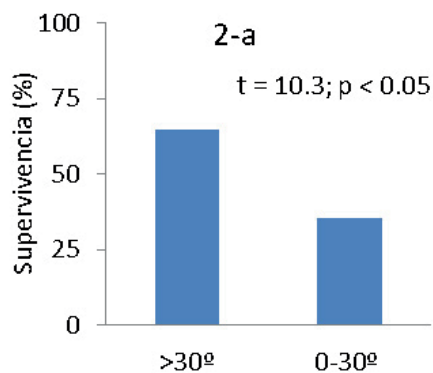


Figura 2. Supervivencia de plántulas de *P. cembroides*: (a) pendiente del suelo, (b) plantas nodrizas, (c) plantas sembradas y (d) plantación. Hábitats: (SA) suelo abierto, (BP) bajo dosel de pino y (VD) vegetación densa o del sotobosque.

Hábitat

De las 3600 semillas de pino, emergieron un total de 1254 plántulas, % de emergencia de plántulas = 34.8%. Emergieron 464 plántulas a suelo abierto, 390 bajo el dosel de pino y 400 en vegetación densa. Sobrevivieron 14, 19 y 60 plántulas, a suelo abierto, bajo cobertura de pino y en vegetación densa, respectivamente, un total de 93 plántulas, % de supervivencia = 7.2%. El análisis de varianza mostró diferencias significativas de supervivencia entre hábitats ($F = 49.9$; g. l. = 44, $p < 0.01$, figura 2-c). Las pruebas de comparación de promedio de Tukey y los intervalos de confianza muestran que las plántulas en vegetación densa presentaron el promedio más alto de supervivencia de plántulas (15.0a); a suelo abierto y bajo el dosel del pino se presentaron los promedios más bajos de supervivencia de plántulas: 3.0b y 4.8b, respectivamente. Los resultados indican que en la vegetación densa fue mayor la supervivencia de plantas, debido probablemente al efecto amortiguador del estrés ambiental de las plantas del sotobosque (tabla I).

Variación interanual en precipitaciones

Del total de 600 plántulas, sobrevivieron 85, % de supervivencia = 14.2%. Mientras en 2010 las altas precipitaciones incrementaron la supervivencia de plantas ($F = 179.1$, g. l. = 1, $p < 0.01$; figuras 1-b y 2-d), durante 2011 la tasa de supervivencia fue menor debido a la escasez de precipitaciones. En este ecosistema la humedad aprovechable del suelo puede cambiar entre años debido a la variación interanual en precipitaciones. Existieron diferencias estadísticas significativas en la supervivencia de plántulas ($F = 67.4$, g. l. = 2; $p < 0.001$). Las pruebas de comparación de promedios de Tukey y los IC gráficamente (figura 2-d) muestran mayores promedios de supervivencia de plantas en la vegetación densa VD-2010 (36.0a), seguido de BP-2010 (18.0b), SA-2010 (12.0b) y VD-2011 (11.0b). Los más bajos promedios de supervivencia de plantas se presentaron en los tratamientos BP-2011 (5.0c) y SA (3.0c). La interacción exposición a la lluvia x hábitats fue significativa (g.l = 2; $p < 0.001$). Lo cual indica que las lluvias de 2010 (figura 1-b) y las plantas nodrizas del sotobosque (tabla I) incrementaron la supervivencia de plantas.

DISCUSIÓN

La mayor supervivencia de plántulas se registró en sitios con pendiente $> 30^\circ$ (figura 2-a), debido probablemente a mayor conservación de humedad, menor exposición al sol y a temperaturas extremas. En suelos severamente degradados, el patrón reportado en plantaciones forestales de pino indica que a mayor pendiente mayor supervivencia, pero menor crecimiento

(Gómez-Romero *et al.*, 2012; Tejera y Davel, 2004). Las plantas nodrizas del sotobosque (tabla I) parecen incrementar la supervivencia del piñonero (figura 2-b) al amortiguar el estrés ambiental. La facilitación planta-planta se presenta desde la tundra a desiertos, en entornos alpinos hasta los bosques de lluvia (Soliveres *et al.*, 2015; McIntire y Fajardo, 2014), y es común en ecosistemas áridos y semiáridos (Flores y Jurado, 2003) presentes en el noreste de México. La supervivencia de plantas sembradas fue mayor en vegetación densa (figura 2-c) lo cual coincide con los hallazgos de García y Jurado (2003; 2015) y García (2011). El efecto de la lluvia sobre la supervivencia de plántulas plantadas dependió del año, las lluvias torrenciales de 2010 (figura 1-b) en vegetación densa incrementaron la supervivencia de plántulas (figura 2-d). Un patrón de emergencia y supervivencia de plantas de matorral ha sido reportado en respuesta a las lluvias estacionales de verano-otoño en el noreste de México (García, 2011; García y Jurado, 2015). En áreas semiáridas con escasas lluvias, propensas a la sequía, como las del presente estudio, la supervivencia y establecimiento de plantas puede depender de eventos raros y extremos, como las intensas lluvias del verano-otoño de 2010.

CONCLUSIONES

(1) La pendiente $> 30^\circ$ incrementó la supervivencia de *P. cembroides*. (2) Las plantas nodrizas son un mecanismo de facilitación planta-planta debido a que reducen el estrés ambiental e incrementan la supervivencia de plántulas. (3) La supervivencia de plántulas emergidas en hábitats contrastantes fue mayor en vegetación densa y (4) las lluvias de 2010 incrementaron la supervivencia de plántulas en vegetación densa. Se sugieren programas de reforestación con plantas en sitios idóneos, aplicando hidrogel para la retención de humedad.

AGRADECIMIENTOS

A los estudiantes de la FA-La Chona, generaciones 2005-2014, por su ayuda en la colecta de datos, y a los directivos MC. Jesús Pedroza e Ing. Efrén Montaña, por las facilidades otorgadas. Promep/103.5/09/3905; y 103.5/10/6646.

REFERENCIAS

- Conagua. (2009). *Estadísticas*. México: Comisión Nacional del Agua. p. 28.
- Esparza, M. (2014). La sequía y la escasez de agua en México. Situación actual y perspectivas futuras. *Secuencia*. 195-219.
- Flores, J., y Jurado, E. (2003). Are nurse-protégé interactions more common among plants from arid environments? *Journal of Vegetation Science*. 14: 911-916.
- Frank, D., Reichstein, M., Bahn, M., *et al.* (2015). Effects of climate extremes on the terrestrial carbon cycle: concepts, processes

and potential future impacts. *Global Change Biology*: 21(8): 2861-2880.

García, J.F, y Jurado, E. (2003). Influence of plant cover on germination in matorral in northeastern Mexico. *Forest Ecology and Management* 177:11-16.

García-Pérez, J.F, Aguirre-Calderón, O, Estrada-Castillón, E., *et al.* (2007). Germinación y establecimiento de plantas nativas del matorral tamaulipeco y una especie introducida en un gradiente de elevación. *Madera y Bosques*. 13(1): 99-117.

García, J.F (2011). Can environmental variation affect seedling survival of plants in northeastern Mexico? *Archives of Biological Science Belgrade*. 63: 731-737.

García, J.F, y Jurado, E. (2015). Is drought altering plant populations in the mountainous region of Northeastern Mexico? *Acta Botanica Croatica*. 74(1): 95-108.

Gobiet, A., Kotlarski, S., Beniston, M., *et al.* (2014). 21st century climate change in the European Alps-a review. *Science of the Total Environment*. 493: 1138-1151.

Gómez-Romero, M., Soto-Correa, J.C., Blanco-García, J.A., *et al.* (2012). Estudio de especies de pino para restauración de sitios degradados. *Agrociencia*. 46(8). 795-807.

Hughes, L. (2000). Biological consequences of global warming: Is the signal already apparent? *Trends Ecol. Evol.* 15(2): 56-61.

IPCC. (2013). Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report, Climate Change 2013: The Physical Science Basis. *Cambridge University Press*, New York, NY, USA.

Jurado, E., García, J.F, Flores, J., *et al.* (2006). Leguminous seedling establishment in Tamaulipan thorn scrub of Northeastern Mexico. *Forest Ecol. Manage.* 221: 133-139.

Lozano-Rivas, W.A. (2011). Determinación del número mínimo de observaciones en investigación, obviando las estimaciones de la varianza de datos. *Revista de Didáctica Ambiental*. 10: 54-61.

McIntire, E.J.B., y Fajardo, A. (2014). Facilitation as a ubiquitous driver of biodiversity. *New Phytologist*. 201: 403-416.

McLachlan, J.S., Clark, J.S., y Manos, P.S. (2005): Molecular Indicators of tree migration capacity under rapid climate change. *Ecology*: 86: 2088-2098.

Müller, L.L.B., Albach, D.C., y Zotz, G., (2017). "Are 3°C too much?": thermal niche breadth in Bromeliaceae and global warming. *Journal of Ecology*: 105: 507-516.

Peterson, A.T, Egbert, S.L., Sánchez-Cordero, V., *et al.* (2002). Future projections for Mexican faunas under global climate change scenarios. *Nature*. 416: 626-629.

Soliveres, S., Maestre, F.T, Berdugo, M., *et al.* (2015). Missing link between facilitation and plant species coexistence: nurses benefit generally rare species more than common ones. *J. Ecol.* 103: 1183-1189.

Sokal, R.R., y Rohlf, F.J. (1995). *Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. 3rd Edition, W.H. Freeman and Co., New York.

Tejera, L., y M. Davel. (2004). Establecimiento en pino Oregón en la Patagonia. Ficha técnica. *Patagonia Forestal*. 9(2): 9-12.

TABLA

Tabla I. Lista taxonómica y número de plántulas de vegetación del sotobosque encontradas en los veranos de 2009, 2011 y 2014. Las plántulas habitaban en un radio de 20 cm de *P. cembroides* a suelo abierto (SA) y bajo dosel del piñonero (BP) en vegetación densa (VD).

Familia Especies	Semillas	Sembradas	2009	Plántulas	Plantadas	2011	Nodrizas	2014
	SA	BP	VD	SA	BP	VD	SA	VD
Acanthaceae								
<i>Justicia runyonii</i> Small	1	3	13	1	3	15	3	9
<i>Ruellia rudiflora</i> (Gray) Urban	4	5	15	4	6	22	5	13
<i>Stenandrium dulce</i> (Cav.) Nees	0	3	5	2	3	19	3	12
Agavaceae								
<i>Agave lechuguilla</i> Torr.	9	10	12	6	8	12	8	22
<i>Agave striata</i> Zucc.	1	1	1	1	2	4	3	10
<i>Agave victoriae-reginae</i> T.MOORE	2	2	7	1	2	2	6	28
<i>Yucca carnerosana</i> (Trel.) McKelvey	1	1	2	1	1	1	5	9

<i>Yucca filifera</i> Chabaud	1	1	3	1	1	1	6	17
Amaranthaceae								
<i>Alternanthera caracasana</i> Kunth	5	4	9	8	6	23	27	35
<i>Amaranthus hybridus</i> L.	2	10	11	19	21	38	31	49
<i>Iresine calea</i> (Ibáñez) Standl.	9	12	23	7	9	44	38	87
<i>Iresine cassiniiformis</i> S. Schauer	4	7	20	8	8	29	22	61
Asteraceae								
<i>Ageratina espinosarum</i> (A. Gray) R.M. King & H. Rob.	10	8	12	6	8	9	13	22
<i>Ageratina espinosarum</i> var. <i>espinosarum</i> (A. Gray)	12	33	21	4	7	9	21	34
<i>Ageratina havanensis</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob.	8	9	33	3	12	35	19	44
<i>Ageratina petiolaris</i> (Moc. ex DC.) R.M. King & H. Rob.	4	7	19	0	0	9	0	6
<i>Helianthus annuus</i> L.	4	9	22	18	11	4	29	18
<i>Sanvitalia ocymoides</i> DC.	6	12	19	8	9	19	36	57
<i>Verbesina encelioides</i> (cav.) Gray.	7	17	41	11	12	33	50	29
<i>Viguiera stenoloba</i> Blake.	11	8	15	21	14	0	35	62
Boraginaceae								
<i>Antiphytum heliotropioides</i> DC	7	9	16	6	8	11	12	36
<i>Heliotropium angiospermum</i> Murray	6	18	22	8	12	19	14	29
<i>Heliotropium curassavicum</i> L.	11	14	29	5	7	38	18	43
Cactaceae								
<i>Echinocactus platyacanthus</i> , Link & Otto	1	1	1	1	2	2	2	2
<i>Opuntia engelmannii</i> Salm-Dyck ex Engelm.	1	2	6	1	2	2	3	5
<i>Opuntia leptocaulis</i> DC	2	2	3	2	3	4	2	9
<i>Opuntia tunicata</i> Lehmann	2	3	6	1	2	2	2	5
<i>Thelocactus santaclarensis</i> Halda, Kupcak & Sladk	11	14	29	3	7	39	14	31
Chenopodiaceae								
<i>Chenopodium album</i> L.	8	9	7	5	11	28	12	23
<i>Suaeda torreyana</i> S. Watson	12	15	22	8	22	41	14	35

Convulvulaceae								
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	9	8	9	7	13	19	18	77
<i>Evolvulus alsinoides</i> L.	12	27	16	9	24	43	25	91
Fabaceae								
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd	1	1	1	1	2	2	1	2
<i>Acacia greggii wrightii</i> (Benth.) Isely	0	1	1	0	1	1	1	1
<i>Acaciella angustissima</i>	0	1	1	0	1	1	1	1
<i>Mimosa texana</i> (A. Gray)	0	1	2	1	1	1	1	1
<i>Mimosa zygophylla</i> Benth	0	1	1	1				
Lamiaceae								
<i>Glandularia bipinnatifida</i> (Nutt.) Nutt	4	5	4	8	8	11	13	32
<i>Hedeoma drummondii</i> Benth.	3	4	5	9	11	33	24	38
<i>Hedeoma palmeri</i> Hemsl.	5	2	7	6	21	35	12	41
<i>Hedeoma plicata</i> Torr	2	0	19	4	8	29	21	57
<i>Hedeoma</i> sp.	14	21	58	17	33	67	18	45
<i>Leonotis nepetifolia</i> (L.) R. Br.	5	9	19	10	17	38	19	47
<i>Marrubium vulgare</i> L.	8	12	23	14	19	33	17	58
<i>Salvia ballotiflora</i> Benth.	9	11	25	12	21	33	17	51
<i>Salvia coccinea</i> Buc'hoz ex Etl.	11	18	31	18	22	45	44	38
Malvaceae								
<i>Abutilon americanum</i> Panz	3	7	8	2	3	22	9	82
<i>Abutilon hypoleucum</i> A. Gray	4	9	11	7	16	66	11	55
<i>Abutilon malacum</i> S. Watson	5	17	44	8	19	45	18	30
<i>Cyphomeris gypsophiloides</i> (M. Martens & Galeotti) Standl	14	20	25	19	22	33	41	68
Papaveraceae								
<i>Argemone mexicana</i> L.	6	6	12	6	5	12	7	11
<i>Argemone sanguinea</i>	6	9	15	7	9	34	45	88
<i>Argemone</i> sp.	13	29	55	19	21	87	19	33
<i>Corydalis aurea</i> Willd.	4	16	24	42	41	85	41	98
<i>Hunnemannia fumariifolia</i> Sweet	5	7	44	50	12	47	53	75
Poaceae								
<i>Agrostis verticillata</i> Vill.	99	123	145	114	157	198	259	450
<i>Aristida roemeriana</i> Scheele	147	129	333	100	155	298	201	399

<i>Aristida purpurea</i> Nutt	167	214	358	338	312	207	450	501
<i>Arundo donax</i> L.	174	120	221	190	206	341	322	499
<i>Bothriochloa barvinodis</i> (Lag.) Herter var.	98	120	190	88	100	209	222	431
<i>Bothriochloa saccharoides</i> (Sw.) Rydb	160	274	417	188	228	371	201	432
<i>Bouteloua repens</i> (Kunth) Scribn.	123	188	201	300	210	280	309	425
<i>Bromus</i> sp.	279	209	141	189	149	412	199	291
<i>Cenchrus incertus</i> M.A. Cutis	129	321	495	106	242	555	170	568
<i>Panicum</i> sp	129	224	421	156	249	475	161	450
Solanaceae								
<i>Bouchetia erecta</i> DC. ex Dual	9	13	12	6	9	17	19	27
<i>Physalis viscosa</i> L.	9	14	18	22	33	66	17	41
<i>Solanum americanum</i> Mill.	5	11	10	33	29	77	60	84
<i>Solanum eleagnifolium</i> Cav	10	21	28	21	33	70	52	79
Urticaceae								
<i>Boehmeria cylindrica</i> (L.) Sw.	8	11	15	34	49	65	33	81
<i>Parietaria pensylvanica</i> Muhl	15	19	48	41	66	79	88	104
<i>Boehmeria cylindrica</i> (L.) Sw.	10	15	41	19	33	66	18	59
Verbenaceae								
<i>Aloysia gratissima</i> (Gilles et Hook)	10	14	13	8	9	15	15	41
<i>Aloysia macrostachya</i> (Torr.)	15	19	21	9	8	17	24	49
<i>Lantana cámara</i> L.	19	15	25	12	16	33	44	68
<i>Lantana horrida</i> Kunth	21	18	8	45	33	49	55	94
<i>Lantana macropoda</i> Torr.	25	28	33	9	41	33	54	59
<i>Verbena canescens</i> Kunth	12	32	55	11	16	33	49	79
<i>Verbena elegans</i> Kunth	20	18	33	41	55	77	88	107
Zygophyllaceae								
<i>Larrea tridentata</i> (Moc. & Seseo ex DC.) Coville	1	1	2	3	2	1	0	435
<i>Kallstroemia hirsutissima</i> Vail.	2	1	2	5	2	5	12	22



UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



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

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

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



EL ALMACÉN DE CARBONO EN LOS DESIERTOS DE MÉXICO

Óscar Luis Briones Villarreal*

*Instituto de Ecología, A.C.
Contacto: oscar.briones@inecol.mx

Por las perturbaciones humanas, la concentración global del bióxido de carbono (CO_2) se incrementó de alrededor de 227 partes por millón (ppm) en 1759, a 405 ppm en 2017; es decir, se elevó 46%. El año 2016 fue el primero en el cual la concentración de CO_2 fue superior a 400 ppm. De manera notable, México ocupó el lugar número 11 entre los países emisores de CO_2 a la atmósfera, con 490 megatoneladas (Mt; 1 Mt = 1 millón de toneladas) en 2017. En los últimos 60 años el incremento global en la temperatura del aire ha coincidido estrechamente con el incremento en la concentración de CO_2 .

El CO_2 es el gas atmosférico con mayor efecto invernadero por retener parte de la energía que la superficie terrestre emite por haber sido calentada por la radiación solar. La concentración de CO_2 atmosférico depende del movimiento del carbono entre los almacenes del ciclo del carbono en la biosfera, la litosfera, la hidrosfera y la atmósfera. El conocimiento de la dinámica del carbono en México es muy importante por su relación con el cambio climático.

La captura de carbono ocurre cuando la vegetación absorbe CO_2 durante la fotosíntesis, almacenando el carbono en la biomasa aérea o subterránea. A través de la fotosíntesis las plantas capturan CO_2 y luz para producir energía, glucosa y otros azúcares y a través de la respiración metabolizan y rompen los azúcares para construir sus tejidos y crecer y regresan el CO_2 a la atmósfera. Tanto la fotosíntesis como la respiración de las plantas están fuertemente determinados por la cantidad y estacionalidad de la lluvia y en consecuencia los ecosistemas desérticos pueden funcionar como sumideros de carbono en años lluviosos, pero como vertederos en años secos.



El potencial de almacenamiento de carbono en la vegetación y los suelos en la mayoría de las zonas áridas y semiáridas es bajo (<225 gigatoneladas de carbono por hectárea $-GtC\ ha^{-1}$; 1 Gt = 1000 millones de toneladas-) en comparación con los bosques tropicales y boreales (300 a 400 $GtC\ ha^{-1}$) (Schlesinger y Bernhardt, 2013; tabla I). Sin embargo, los ecosistemas desérticos son muy importantes para secuestrar el CO_2 atmosférico y contrarrestar el cambio climático por su gran extensión en el planeta (White y Nackoney, 2003). Los ecosistemas desérticos ocupan más de un tercio de la superficie terrestre mundial y más de la mitad del territorio de México, convirtiéndose en grandes reguladores del ciclo del carbono y del clima. A pesar de lo anterior, la evaluación del carbono se ha centrado principalmente en los ecosistemas tropicales y forestales, mientras que los desérticos han sido descuidados.

Los procesos del ciclo de carbono operan a distinta velocidad, pero en general se reconocen dos escalas de tiempo: geológica y biológica (Schlesinger y

Bernhardt, 2013). En la escala biológica el carbono se mueve a una velocidad rápida a través de los organismos en flujos diarios y anuales. El ciclo biológico se manifiesta claramente en el hemisferio norte, en donde la alta actividad fotosintética de las plantas y del fitoplancton causan la disminución del CO_2 atmosférico en la primavera y verano, mientras que la disminución de la fotosíntesis, el incremento en la respiración de raíces y microbios y la descomposición de la materia orgánica del suelo ocasionan el incremento del CO_2 en el otoño e invierno. En el hemisferio sur las oscilaciones atmosféricas de CO_2 están invertidas y son menos marcadas, ya que la vegetación está concentrada hacia los trópicos en donde la variación climática es menor. En la escala geológica el carbono se mueve lentamente entre el suelo, las rocas y el océano y regresa a la atmósfera a través de la actividad tectónica o la disolución de las rocas calizas en un lapso entre 100 y 200 millones de años.

Las actividades humanas han incorporado nuevos flujos de carbono,

con una influencia significativa en la cantidad de carbono almacenado en los compartimientos del ciclo global del carbono (IPCC, 2019). La extracción de petróleo y consumo de combustibles fósiles, la producción de electricidad, cemento y alimentos y el cambio en el uso del suelo al eliminar la vegetación generan gran cantidad de CO_2 y otros gases de efecto invernadero como metano, bióxido de nitrógeno y ozono, que se almacenan en la atmósfera.

En décadas recientes se han realizado esfuerzos por la comunidad científica y organismos de gobierno para inventariar y sintetizar el conocimiento sobre los almacenes y las transferencias de carbono de los ecosistemas terrestres en México, que permiten entender con mayor detalle las magnitudes de los procesos ecológicos que afectan el ciclo del carbono en los ecosistemas desérticos. El objetivo de este trabajo es resaltar el papel de los ecosistemas desérticos en el contenido del carbono y su importancia en el ciclo del carbono en México.

Tabla I. Contenido de biomasa y carbono en la biomasa y suelo (0-300 cm) en los ecosistemas terrestres (Schlesinger y Bernhardt, 2013).

Ecosistema	Área ($10^6\ km^2$)	Biomasa ($g\ C\ m^{-2}$)	Carbono en biomasa ($10^{15}g\ C$)	Área ($10^6\ km^2$)	Carbono en suelo ($10^{15}g\ C$)
Bosque tropical	17.5	19400	320	24.5	692
Bosque templado	10.4	13350	130	12.0	262
Bosque boreal	13.7	4150	54	12.0	150
Matorral mediterráneo	2.8	6000	16	8.5	124
Sabana/Pastizales	27.6	2850	74	15.0	345
Pastizal templado	15.0	375	6	9.0	172
Desierto	27.7	350	9	18.0	208
Tundra ártica	5.6	325	2	8.0	144
Cultivos	13.5	305	4	14.0	248
Otros	15.5			15.5	
Total	149.3	47105	615	136.5	2345

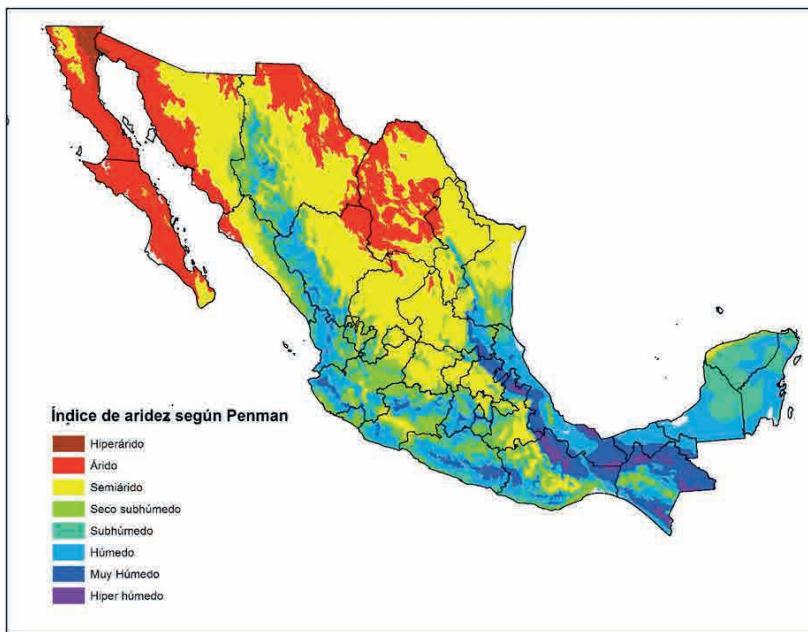


Figura 1. Índice de aridez en México (mapa proporcionado por Arturo Flores Martínez).

CARACTERIZACIÓN DE LOS DESIERTOS DE MÉXICO

En los desiertos o zonas áridas y semiáridas de México la pérdida de agua por evaporación es mucho mayor que la entrada por la precipitación, la temperatura es extrema y es baja la disponibilidad de agua y nutrientes en el suelo. De acuerdo con el índice de aridez (IA) = P/T , en donde P es la precipitación anual y ET es la evapotranspiración anual, las zonas áridas son regiones con IA menor a 0.65. Las zonas hiperáridas con IA menor 0.05 cubren 0.67%, las áridas con IA entre 0.05 y 0.20 cubren 18.91% y las semiáridas con IA entre 0.20 y 0.50 ocupan 34.77% de los 1,960,189 km² del territorio mexicano. Así definidas, las regiones desérticas de México se localizan principalmente en las porciones norte y centro del país (figura 1).

Los desiertos mexicanos albergan una gran diversidad biológica y cultural, siendo los de mayor extensión el Chihuahuense, Sonorense y Tamaulipeco, mientras los de la Barranca de Metztitlán en Hidalgo, del valle de Tehuacán-Cuicatlán en Puebla y Oaxaca y del valle de Perote en Veracruz son más pequeños y se localizan bajo la sombra orográfica de las montañas (figura 2). La vegetación de los desiertos mexicanos consiste principalmente de matorrales y pastizales xerófilos, compuestos por plantas leñosas de porte bajo, plantas suculentas y gramíneas (Rzedowski, 1978). Los matorrales xerófilos se desarrollan desde el nivel del mar hasta los 2,300 msnm y se caracterizan por una amplia variedad fisonómica, determinada por arbustos y árboles bajos siempreverdes o caducifolios, con tallos leñosos provistos de espinas o sin ellas, por plantas con troncos semisuculentos con hojas delgadas o carnosas arregladas en rosetas y por plantas con troncos suculentos con espinas y sin hojas.

El clima en donde crecen los matorrales xerófilos es cálido, con temperaturas de 16 a 24°C en promedio anual y precipitación total anual entre 100 y 400 mm, aunque pueden presentarse valores hasta de 900 mm. La cobertura vegetal puede oscilar desde 5% en sitios muy secos, hasta 100% en sitios húmedos, pero generalmente la vegetación cubre la mitad de la superficie del terreno. Los pastizales xerófilos se desarrollan en elevaciones entre 1,100 y 2,500 msnm y en regiones con suelos casi siempre ígneos, donde la precipitación total anual oscila entre 300 y 600 mm. Los pastizales xerófilos son más abundantes en las zonas semiáridas que en las áridas y se distribuyen en la mitad norte y occidente de México. Los pastizales xerófilos están dominados por varias especies de gramíneas, además de hierbas y arbustos de diferentes familias, como las compuestas y leguminosas y la cobertura de la vegetación puede ser de 100%. En comparación con las temperaturas del matorral xerófilo, las de los pastizales son más frescas, con medias anuales de 12 a 20°C.

Los ecosistemas desérticos proveen de forraje para la producción de ganado y han sido usados para la extracción de plantas para alimentos, combustible, industria farmacéutica y de cosméticos, material para construcción, fibras, bebidas alcohólicas y medicamentos. Sin embargo, el uso excesivo ha producido el sobrepastoreo, reduciéndose la biomasa y la cobertura vegetal, compactándose el suelo, decreciendo la infiltración e incrementando la escorrentía y la erosión edáfica, que conllevan a la pérdida de carbono.



Figura 2. a) Desierto Chihuahuense y b) desierto del valle de Tehuacán-Cuicatlán.

46

CONTENIDO DE CARBONO EN LOS DESIERTOS DE MÉXICO

La determinación de la biomasa de un ecosistema permite estimar los almacenes de carbono en la vegetación y el flujo potencial de éste hacia la atmósfera y suelo. En los ecosistemas terrestres la biomasa viva en tallos, hojas y raíces, y la materia orgánica del suelo son los principales almacenes de carbono. La producción de hojarasca y raíces muertas, la descomposición de la materia orgánica y la respiración de las raíces y microbios son los flujos principales en la transferencia del carbono entre los almacenes. Todos los procesos biológicos del ecosiste-

ma están soportados por la entrada de energía a través de la fotosíntesis de los organismos autótrofos, por lo que es fundamental entender los factores abióticos y biológicos que la regulan. La escasez de agua es la restricción más fuerte para la producción de biomasa y carbono en los ecosistemas desérticos, pero la deficiencia en nitrógeno y el bajo contenido de carbono orgánico son, también, factores importantes.


La mayoría de las investigaciones y registros de datos sobre el ciclo del carbono en los ecosistemas desérticos de México ha sido realizada por investigadores y estudiantes de licenciatura y posgrado de universidades y centros públicos de investigación. A pesar de la importancia del ciclo del carbono, los trabajos a escala local y nacional sobre los almacenes de carbono en la biomasa y en el suelo y sobre el flujo de carbono entre esos almacenes y la

atmósfera en los ecosistemas de matorrales y pastizales son sumamente escasos (Briones *et al.*, 2018).

De acuerdo con los trabajos realizados en parcelas experimentales, el carbono total promedio almacenado en la biomasa de los matorrales desérticos es 16.3 megagramos por hectárea (Mg ha^{-1} ; $1 \text{ Mg} = 1,000,000 \text{ gramos}$) en 34 sitios estudiados, con valores mínimos de 2.5 Mg ha^{-1} en un matorral desértico rosetófilo en Chihuahua y máximos de 56.0 Mg ha^{-1} en un matorral espinoso tamaulipeco en el noreste de México. En los matorrales, aproximadamente 66% del carbono está almacenado en la parte aérea, en comparación con la biomasa subterránea.

Aunque solamente se han realizado cuatro estudios experimentales y por ello es difícil describir el patrón, el carbono total promedio almacenado en la biomasa de los pastizales desérticos es 5.7 Mg ha^{-1} , con valores mínimos y máximos de 7.95 Mg ha^{-1} en un pastizal halófilo en el Estado de México y 4.72 Mg ha^{-1} en un pastizal natural en el estado de Coahuila, respectivamente. A diferencia de los matorrales, los pastizales distribuyen proporcionalmente la misma cantidad de carbono entre la biomasa aérea y subterránea.

Con la información del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS) 2004-2007 y la aplicación de ecuaciones matemáticas que relacionan la morfología de las plantas con la biomasa y contenido de carbono, se estimó que el carbono total almacenado en los matorrales es 1.28 Mg ha^{-1} , con valores mínimos y máximos de 0.39 Mg ha^{-1} en la vegetación de dunas costeras y 2.64 Mg ha^{-1} en el mezquital, considerando 9648 registros. El carbono total almacenado en los pastizales es 1.71 Mg



ha⁻¹, con valores mínimos y máximos de 0.25 Mg ha⁻¹ en el pastizal gipsófilo y 4.08 Mg ha⁻¹ en el pastizal natural, considerando 127 registros. La diferencia en las estimaciones del carbono almacenado en los matorrales y pastizales con base en la información del INFyS y los datos de las parcelas experimentales probablemente se debió a la posible inclusión de matorrales altos y densos como componentes del bosque tropical seco y por lo tanto no fueron contabilizados como vegetación desértica, así como por las diferencias en las aproximaciones metodológicas para la estimación de la biomasa aérea y subterránea (Briones *et al.*, 2019).

Sea por las estimaciones de las parcelas experimentales o de los datos del INFyS, los valores de carbono almacenado en la biomasa sitúan a los ecosistemas de los desiertos de México en un lugar intermedio entre el promedio mundial de los desiertos (2 a 5 Mg ha⁻¹) y el bosque tropical seco (37 a 117 Mg ha⁻¹).

La producción de hojarasca compuesta principalmente por hojas y tallos muertos que caen al suelo ha sido utilizada como estimador de la productividad primaria neta (PPN) de un ecosistema. La PPN es la energía capturada por la fotosíntesis en la biomasa vegetal y disponible para el ecosistema. Como los patrones globales de producción de hojarasca son similares a los patrones globales de la PPN, es posible considerar la producción de hoja-

rasca como un estimador de la PPN de los ecosistemas. Debido a que la PPN mundial estimada para los desiertos a nivel global es 2.5 Mg ha⁻¹año⁻¹ y a que la transferencia de carbono de la biomasa vegetal hacia el suelo a través de la producción de hojarasca de los matorrales es de 3.38 Mg ha⁻¹, los desiertos mexicanos tienen una productividad mayor a la reportada para los desiertos del mundo (Briones *et al.*, 2018).

En los desiertos de México el carbono edáfico es 45 a 90% de la biomasa (Montaño *et al.*, 2016). En los matorrales, el carbono orgánico del suelo fluctúa de 2.1 Mg ha⁻¹ en Sonora a 72 Mg ha⁻¹ en Tamaulipas, mientras que en los pastizales el carbono edáfico varía entre 2.8 Mg ha⁻¹ en Coahuila a 80 Mg ha⁻¹ en Jalisco.

El cambio en el uso de suelo ha ocasionado la pérdida del carbono almacenado en la biomasa de los matorrales, pero se ha observado que esos ecosistemas tienen alto potencial de regeneración natural. Aunque los estudios son escasos, se ha podido mostrar que los matorrales sólo recuperaron entre 26 y 40% del carbono aéreo después de 25 años de regeneración natural. En contraste, también se ha mostrado que la vegetación secundaria tiene alto potencial para secuestrar carbono. Un matorral regenerado pudo capturar casi 1.3 veces más carbono aéreo, en comparación con la vegetación original después de 30 años (Briones *et al.*, 2019).

CONCLUSIONES

Aunque la información es relativamente escasa, los valores de carbono sitúan a los ecosistemas desérticos mexicanos en un lugar intermedio entre los desiertos del mundo y el bosque tropical seco. Debido a que los ecosistemas desérticos ocupan más de 60% del territorio mexicano, el estudio del ciclo del carbono en los desiertos de México es necesario para entender el papel que tienen actualmente en contribuir o disminuir el acelerado incremento de concentración de CO₂ y los otros gases de invernadero en la atmósfera.

A pesar de su gran importancia, existen grandes vacíos de información sobre el ciclo del carbono en los desiertos de México. Para acrecentar el conocimiento científico sobre el ciclo del carbono y transitar hacia un modelo de desarrollo sustentable con una economía baja en carbono en las regiones desérticas de México y en el resto del país, es necesario incrementar sustancialmente la inversión en ciencia y la formación de recursos humanos.

REFERENCIAS

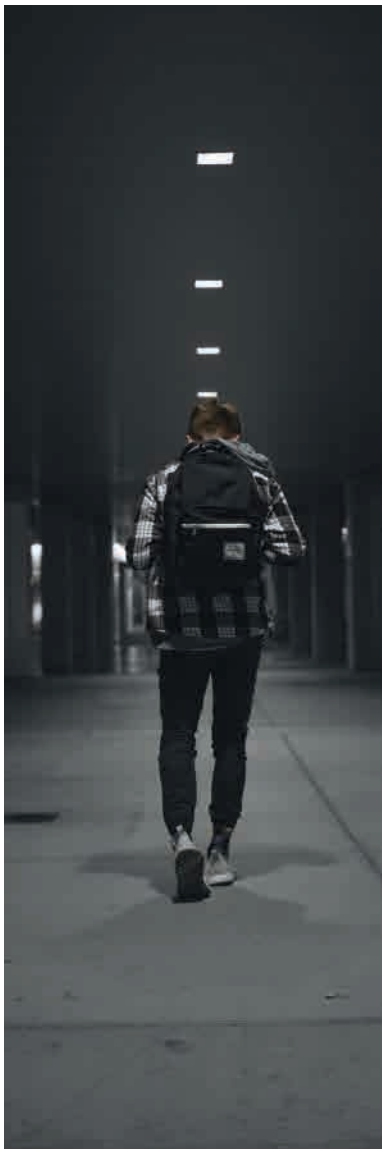
- Briones, O., Perroni, Y., Bullock, S., *et al.* (2019). Matorrales y pastizales. En: Paz-Pellat, F., J.M. Hernández-Ayón, R. Sosa-Ávalos, *et al.* (Editores). *Estado del ciclo del carbono: agenda azul y verde. Programa Mexicano del Carbono*. Texcoco, Estado de México, México. 303-385 pp. Disponible en: <http://pmcarbono.org/pmc/publicaciones/eccm.php>
- Briones, O., Búrquez, A., Martínez-Yrizar, A., *et al.* (2018). Biomasa y productividad en las zonas áridas mexicanas. *Madera y Bosques*. 24: 1-19. Disponible en: <http://myb.ojs.inecol.mx/index.php/myb/article/view/e2401898>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019). *Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse gas fluxes in Terrestrial Ecosystems*. Draft: 07-08-2019. 41 pp. Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/07/sr2_background_report_final.pdf
- Montaño, N.M., Ayala F., Bullock, S.H., *et al.* (2016). Almacenes y flujos de carbono en ecosistemas áridos y semiáridos de México: síntesis y perspectivas. *Terra Latinoamericana* 34:39-59. Disponible en: <https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/issue/view/12>
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México. Limusa*. 432 pp. Disponible en: https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf
- Schlesinger, W.H., y Bernhardt, E.S. (2013). *Biogeochemistry: An analysis of global change*. 3rd edition. Elsevier. 503 pp.
- White, R.P., y Nackoney, J. (2003). *Drylands, people, and ecosystem goods and services. A Web-based geospatial analysis*. World Resources Institute. 58 pp. Disponible en: <http://pdf.wri.org/drylands.pdf>





Los campus universitarios sustentables

Pedro César Cantú-Martínez*



Los campus universitarios hoy en día pueden ser reconocidos, por el tamaño de la población que albergan, como complejas ciudades. Sabemos que las instituciones de educación superior (IES) se constituyen como un componente orgánico sumamente relevante para nuestra sociedad, sin embargo, desde una perspectiva ambiental, sus funciones también conllevan impactos ambientales de manera considerable (Abas *et al.*, 2018). Por lo tanto, de acuerdo con Qiang y Yang (2018), las IES deben constituirse en modelos de responsabilidad hacia el ambiente y dar una muestra del papel educativo y eficiente que desarrollan en materia de sustentabilidad y no sólo que este discurso quede en el marco de las políticas institucionales de manera documentada.

Por ello, los campus universitarios de orden sustentable se han vuelto un gran desafío, particularmente porque demandan una participación activa y una coordinación de los propios interesados, es decir, de la comunidad

universitaria (Faizatul *et al.*, 2016). No obstante, también se han convertido en una de las mayores prioridades de las autoridades universitarias, como ya lo mencionamos, por el impacto que ejercen sus actividades y operaciones diarias. Es así que las IES en el mundo han llevado a cabo numerosos esfuerzos con la finalidad de resolver sus problemáticas ambientales y de insostenibilidad, y así adherirse a las iniciativas que las Naciones Unidas encabezan en la Agenda 2030.

Las IES se identifican como actores clave en el marco de los propios suburbios ciudadanos, ya que en ellas se llevan a cabo esencialmente las innovaciones tecnológicas y se ejercita la educación especializada a través de distintas disciplinas que, sin lugar a dudas, intervienen en la percepción de todo cambio generacional y al mismo tiempo conlleva la adopción de actitudes más sustentables en la vida cotidiana por sus estudiantes en formación profesional (Sonetti, Laombardi y Chelleri, 2016).

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



De esta manera, los campus de las IES pueden ser consideradas como pequeñas sociedades donde subsisten, conforme a Alam (2018), sitios que albergan dependencias con oficinas y aulas, servicios de alimentación, áreas recreativas y de descanso, servicios primarios como agua potable, electricidad y drenaje, así como establecimientos comerciales, amenidades y servicios de transporte. Todo esto crea un ecosistema urbano que hace posible una convivencia en un lugar, en el marco de un capital social y natural que se entretreje conjuntamente.

En el presente manuscrito pretendemos ahondar en el concepto, requerimientos y retos que se afrontan para lograr un campus universitario sustentable, para finalmente llevar a cabo algunas consideraciones finales.

¿QUÉ ES UNA IES Y CAMPUS UNIVERSITARIO SUSTENTABLE?

Conde, González y Mendieta (2006: 16) comentan que una IES sustentable es aquella institución que desde el marco de la Declaración de Talloires en 1990 hace patente su compromiso con:

1. La educación, investigación, formación de políticas e intercambio de información sobre población, ambiente y desarrollo para moverse hacia un futuro sustentable.

2. [Los] programas para producir capacidades profesionales en el manejo ambiental, el desarrollo económico sustentable, los estudios poblacionales y campos relacionados, para asegurar que los egresados sean ciudadanos letrados y responsables en materia ambiental.

3. [La] responsabilidad ambiental por medio del establecimiento de programas de conservación de recursos, reciclamiento y reducción de basura en los campus universitarios, lo que comprometió a las instituciones a ser no sólo participantes sino agentes y gestores del cambio.

Asimismo, estos autores (Conde, González y Mendieta, 2006: 17) agregan que bajo el marco de la Carta Co-





pérrnico, elaborada por la Conferencia Bianual de la Asociación Europea de Universidades en 1993, se detallaron tres rubros que las IES europeas consideraron para ser contempladas como sustentables y que están particularmente vinculados a su ejercicio laboral:

1) Ética ambiental: se debe promover entre los profesores, estudiantes y público en general, patrones sustentables de consumo y un estilo de vida ecológico; también la creación de programas que desarrollen las capacidades del personal académico para crear la cultura ambiental.

2) Educación de los trabajadores universitarios: se debe proporcionar educación, entrenamiento y motivación para que los empleados universitarios puedan realizar su trabajo de una manera ambientalmente responsable.

3) Programas en educación ambiental: se debe incorporar la perspectiva ambiental en todo trabajo universitario y crear programas de educación ambiental que involucren tanto a profesores como a investigadores y estudiantes para analizar los cambios globales del medio ambiente y el desarrollo, independientemente de sus áreas de estudio.

Esto se convierte en un gran desafío si se sabe que el desarrollo sustentable “es la apuesta de la civilización humana para mantener los niveles de producción y consumo, sin menoscabar los equilibrios de los ecosistemas que mantienen la biósfera” (Parrado y Trujillo, 2015: 150).

Por lo cual el concepto de universidad sustentable o campus universitario sustentable ha tomado relevancia en los últimos años y se ha acogido como una estrategia de orden am-

biental en el marco de las funciones inherentes a las IES (Velázquez *et al.*, 2006). Es así que actualmente han surgido distintas iniciativas en el contexto de la sustentabilidad que están siendo impulsadas en distintos escenarios internacionales y las cuales emanan ahora de los Objetivos de Desarrollo Sustentable instituidos en 2015 (Cantú-Martínez, 2016).

En este sentido, se han establecido redes de IES con la finalidad de poner en marcha el desarrollo sustentable dentro del marco de las propias instituciones, tal es el caso de lo que sucede con la International Sustainable Campus Network (Red Internacional de Campus Sustentables), que se fundó en 2007 y que alberga a más de 80 IES de 30 países que se distribuyen en seis continentes en el mundo. Su cometido es proporcionar un espacio para el intercambio de ideas y prácticas exitosas en el ámbito de la sustentabilidad, además de integrar





estos preceptos en las actividades de enseñanza e investigación (ISCN, 2019). En esta red se encuentran adheridas instituciones educativas tan prestigiadas como la Universidad de Harvard y el Instituto Tecnológico de Massachusetts; entre sus miembros, además, se encuentran dos instituciones mexicanas como son el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey y la Universidad Nacional Autónoma de México. Adicionalmente es plausible indicar que han existido otras iniciativas que han establecido compromisos similares en los contextos nacionales en Latinoamérica, como sucede en Chile, Cuba y México (Barrientos, Johnson y Moreno, 2009).

frentamos hoy en día, así como en el futuro.

Para ello, las IES requieren hacer proyectos para la conservación de los recursos, bosquejar planes de ahorro de energía y reducción de residuos, promover la justicia y equidad social y, además, trasladar todo esto al marco de la sociedad. Para ello Carvajal (citado por Barrientos, Johnson y Moreno, 2009: 112) determina

que para un adecuado cambio en la conducta [tanto institucional como personal], se debe socializar (dar a conocer el problema) el proceso y las personas se deben sensibilizar (ser parte de la solución), capacitar (adquirir los conocimientos para ponerlos en práctica) y formar (reproducir los conocimientos de forma participativa y activa).

Por lo cual, a las IES se les debe configurar y parcelar en cinco dimensiones: la educación, la investigación, las operaciones del campus, el servicio comunitario y la evaluación del desempeño institucional (Cortese, 2003; Lozano-Ros, 2003). Este último aspecto, la evaluación, es de suma importancia ya que permite constatar que las experiencias adquiridas por los estudiantes, trabajadores, académicos e investigadores hallan permeado en ellos para recrear una nueva actitud de sustentabilidad y que, además, ésta perdure no obstante el tiempo transcurrido.

A lo anterior agregan Conde, González y Mendieta (2006: 21),

sin duda es mucho más valiosa la demostración en la práctica del

papel que la universidad juega en cambiar valores, conductas y actitudes de los integrantes de la comunidad universitaria y las comunidades en su área de influencia, promoviendo la cultura de la prevención y precaución en la planeación de su desarrollo, impulsando así conductas, actitudes y propuestas operativas encaminadas a buscar un consumo sustentable.

Evidentemente, para lograr esto se requiere de un cambio total en la estructura de carácter organizacional, así como del involucramiento de todos los protagonistas que hacen posible la vida universitaria, ya que las IES son instancias por lo general muy complejas en su estructura administrativa, en las que existen distintos marcos de control mediante distintas dependencias tanto centrales como no centralizadas, en las que, además, no existe, en muchas ocasiones, una integración para la mejora institucional.

En consecuencia, Velázquez, Munguía y Sánchez (2005) aseveran que las primeras barreras a las que se enfrentan las IES para solventar un programa de esta envergadura son la falta de interés, estrechez en la estructura organizacional, resistencia al cambio, carencia de insumos y de recursos humanos suficientemente capacitados, carencia de un sistema de información efectivo, falta de aplicación del marco regulatorio de desempeño, incipiente colaboración interdisciplinaria, ausencia de indicadores de evaluación del desempeño, carencia o falta de apego a las políticas institucionales, ausencia de consensos entre la comunidad uni-

REQUERIMIENTOS Y BARRERAS PARA UN CAMPUS UNIVERSITARIO SUSTENTABLE

Como ya mencionamos, el éxito de un campus universitario sustentable inicia con asumir su responsabilidad y liderazgo en materia de sustentabilidad frente a la sociedad, en el que sus miembros desarrollen esfuerzos y además cuenten con un respaldo institucional. Sin embargo, Amaral, Martins y Gouveia (2015) comentan que las IES tienen, además, el compromiso de proteger la salud y bienestar de los seres humanos y los ecosistemas, así como emplear los conocimientos producidos en la universidad para abordar los desafíos ecológicos y sociales que en-





versitaria, ausencia de una claridad en la aplicación de conceptos, problemas de orden técnico, problemas o discrecionalidad en la aplicación de los recursos económicos, falta de apoyo por las autoridades universitarias y dependencias centrales.

Aunado a lo anterior, también se deben considerar los aspectos conductuales, tanto institucionales como particulares, y que se vinculan con la experiencia, la reflexión y el aprendizaje, pero particularmente con la honestidad, ya que recordemos que este precepto de sustentabilidad conlleva una fuerte carga ética tanto sincrónica como diacrónica.

54

RETOS DE LOS CAMPUS UNIVERSITARIOS SUSTENTABLES

El primer reto que enfrentan las IES es que deben convertirse en agentes que reproduzcan este nuevo marco ideológico de desarrollo sustentable, ya que de no lograrlo, no pasarán de ser un elemento que motive únicamente el mantenimiento de las condiciones actuales de crisis socioambiental, al reproducir las situaciones de inestabilidad existentes en el mundo, mediante su actuación institucional, proceder de sus miembros y se manifestará adicionalmente en las aulas al preparar académicamente a sus estudiantes para que en el futuro contribuyan a esta crisis actual (Mignaqui y Lacabana, 2017a).





Recordemos que esta crisis promovida por los factores motrices de la insustentabilidad, como el crecimiento económico y poblacional, están causando una serie de presiones sobre el entorno natural donde

varios umbrales críticos, más allá de los cuales pueden presentarse cambios abruptos y no lineales en las funciones que soportan la vida en el planeta, se están acercando o [ya] se han rebasado. Lo anterior reviste implicaciones significativas para el bienestar humano en el presente y en el futuro (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2012: 194).

Por otra parte, el segundo reto que enfrentan las IES es que la línea de corriente teórica acerca del desarrollo sustentable fortalecerá, y en sus campus sustentables se establecerá, ya que se reconocen las visiones cornucopiana, adaptativa, comunalista y la ecopreservacionista de acuerdo con Cantú-Martínez (2015: 17-18), que a continuación detallamos:

a) *Visión cornucopiana:* en este enfoque se incluyen aquellos ambientalistas que delinean que es razonable sobrepasar las dificultades ambientales con respuestas de carácter técnico. Atiende un punto de vista antropocentrista.

b) *Visión adaptativa:* esta posición cita la necesidad de conservar los recursos naturales a través de una adecuada administración. Contempla que la sustitución perenne de los recursos naturales es inexistente, pero el crecimiento sostenible es posible siempre que

se cuente con pautas de manejo y explotación de los recursos.

c) *Visión comunalista:* esta perspectiva contempla como de suma importancia la preservación de los recursos naturales, debido a límites físicos y sociales existentes; además de requerir el establecimiento de restricciones de orden global.

d) *Visión ecopreservacionista:* postura considerada por algunos como de carácter radical, ya que disciernen que se opone al crecimiento económico. Establece como premisa la preservación de los recursos y el valor específico de la naturaleza.

Tan sólo estos dos desafíos plantean claramente el papel central que las IES tienen en el marco del fortalecimiento del desarrollo sustentable, tanto en sus funciones internas como hacia el exterior para influir en la sociedad y constituirse verdaderamente en agentes de cambio mediante las dimensiones que las componen, como la educación, la investigación, las operaciones del campus, el servicio comunitario y la evaluación de sus actuaciones, como ya lo habíamos mencionado.

De modo similar opinan Migniqui y Lacabana (2017b:68), al comentar que las IES son relevantes socialmente porque

1. Preparan profesionales mediante sus cursos de formación y docencia.

2. Generan contenido científico y aplicado en sus distintas líneas de investigación.

3. Desarrollan lazos de trabajo con las comunidades donde está inmersa.

4. Gestionan su propia institución como ejemplo para la sociedad de los conceptos y valores que predicen.

CONSIDERACIONES FINALES

Los campus universitarios sustentables, como se ha advertido, tienen un cometido sumamente notable en la sociedad, por lo tanto deben transitar lo más pronto posible del discurso a la praxis. Alrededor del mundo muchas IES han enriquecido sus discursos y sus misiones para incorporar la sustentabilidad, sin embargo, sólo se han quedado en esta etapa. Mientras otras instituciones han promovido únicamente políticas para impulsar la educación universitaria, haciéndola proclive al rubro de la sustentabilidad, pero sin mediar ninguna acción complementaria que brinde una experiencia.

Adicionalmente, otras se han dedicado sólo a las operaciones del campus y divulgación de la sustentabilidad, sin intervenir en sus planes académicos y curriculares, y otras más hacen un uso de rankings donde apelan a un marco de indicadores que no son garantía de tutelar la sustentabilidad en los campus universitarios. Entre estos indicadores tenemos, por ejemplo, el número



de eventos académicos relativos a la sustentabilidad, la existencia de un sitio web donde se divulguen aspectos de sustentabilidad, así como el número de publicaciones relativas al medio ambiente.

Asimismo, encontramos otro como la superficie forestal, cuyo indicador puede ser manipulado al promediar o sumar la superficie de distintas áreas universitarias dispersas en una circunscripción geográfica y considerarlas como un solo campus universitario, cuando en la realidad pueden subsistir algunas áreas totalmente desprovistas de masas boscosas y no ser sustentables.

Cierto es que la implementación de un modelo sustentable de carácter universitario presenta muchos contratiempos y demanda grandes esfuerzos por parte de su comunidad. Sin embargo, esta tarea recae particularmente en las instancias administrativas, donde se pondrá a prueba el compromiso de las autoridades rectoras de las IES, también de su capacidad de gestión y distribución adecuada de los fondos económicos para impulsar las incitativas de sustentabilidad y contar así con un modelo sustentable que permeee realmente en la conciencia social universitaria.

REFERENCIAS

Abas, M.A., Nor, A.N., Malek, N.H., *et al.* (2018). A Review of Sustainable Campus Concept in the Context of Solid Waste Management. *Journal of Education & Social Policy*. 5(4): 71-76.

Alam, M.I. (2018). *A sustainable campus for the higher education insti-*

tutions in the U.S. (Graduate Theses and Dissertations). Iowa State University. Ames, Iowa, U.S.

Amaral, L.P., Martins, N., y Gouveia, J.B. (2015). Quest for a sustainable university: a review. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 16(2): 155-172.

Barrientos, Z., Johnson, H., y Moreno, M.L. (2009). Gestión ambiental en universidades públicas costarricenses: el ejemplo de UNA-Campus sostenible. *Revista Posgrado y Sociedad*. 9(2): 81-124.

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

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

Conde, R., González, O., y Mendieta, E. (2006). Hacia una gestión sustentable del campus universitario. *Casa del Tiempo*. 8(93-94): 15-25.

Cortese, A.D. (2003). The critical role of higher education in creating a sustainable future. *Planning for Higher Education*. 31(3): 15-22.

Faizatul, A.N., Wan Nurul Mardiah, W.M.R., Mohd Noorizhar, I., *et al.* (2016). Towards Developing a Sustainable Campus: Best Practice Approach. *Int. J. Sup. Chain. Mgt.* 5(4): 131-138.

ISCN (8 de octubre 2019). Purpose and The ISCN Mission and Approach. Disponible en: <https://www.international-sustainable-campus-network.org/about/purpose>

Lozano-Ros, R. (2003). *Sustainable development in higher education, Incorporation, assessment and reporting of sustainable development*

in higher education institutions. Lund. University, Lund.

Mignaqui, V., y Lacabana, M. (2017a). Los retos del desarrollo sostenible para las universidades. *Integración y Conocimiento*. 2(7): 256-271.

Mignaqui, V., y Lacabana, M. (2017b). Universidad y desarrollo sustentable. En: F. Moreno (Comp.) *Ambiente y desarrollo sustentable: miradas diversas*. (pp. 62-73). Argentina. Universidad Nacional de Quilmes.

Parrado, A.M., y Trujillo, H.F. (2015). Universidad y sostenibilidad: una aproximación teórica para su implementación. *AD minister*. 26: 149-163.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2012). *Geo5 perspectivas del medio ambiente mundial. Medio ambiente para el futuro que queremos*. Nueva York. Naciones Unidas-PNUMA.

Qiang, F., y Yang, L. (2018). Green Campus Environmental Design Based on Sustainable Theory. *Journal of Clean Energy Technologies*. 6(2): 159-164.

Sonetti, G., Laombardi, P., y Chelleri, L. (2016). True Green and Sustainable University Campuses? Toward a Clusters Approach. *Sustainability*. 8(83): 1-23.

Velázquez, L., Munguía, N., Platt, A., *et al.* (2006). Sustainable university: what can be the matter? *Journal of Cleaner Production*. 14: 810-819.

Velázquez, L., Munguía, N., y Sánchez, M. (2005). Deterring sustainability in higher education institutions An appraisal of the factors which influence sustainability in higher education institutions. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 6(4): 383-391.



DR. MARTIN RICKER

¿Qué papel debería tener la vinculación en la evaluación científica?

ENTREVISTA AL DOCTOR MARTIN RICKER

MARÍA JOSEFA SANTOS CORRAL*

Martin Ricker es doctor por la School of Forestry and Environmental Studies de la Universidad de Yale (Connecticut, EUA). Ha trabajado en el Instituto de Biología de la UNAM desde 1996, donde fue jefe de la Estación de Biología Tropical “Los Tuxtla”. Sus líneas de investigación son análisis de diversidad y estrategias de conservación de las especies arbóreas de México, modelaje estadístico del crecimiento arbóreo, análisis económico del manejo forestal en el trópico y evaluación de la ciencia. Sobre estos temas ha publicado más de 30 artículos en revistas especializadas, capítulos en libros y es coautor de dos libros. Además, ha coordinado proyectos de vinculación con Pemex, la Auditoría Superior de la Federación y la Conafor, en temas de desarrollo y operaciones de parques ecológicos, reforestación y conservación, así como análisis de muestras botánicas. Actualmente es jefe del Departamento de Botánica del Instituto de Biología.

* Universidad Autónoma de Nuevo León.
Contacto: mjsantos@sociales.unam.mx



❖ ¿Qué lo llevó a iniciar una carrera en investigación?

Para comenzar tuve la influencia de mi papá, quien ya era investigador en ciencias médicas, por lo que tuve el contacto con el pensamiento científico y la investigación desde pequeño. En segundo lugar, me gustaba mucho la Biología como naturalista: los animales y los paisajes, especialmente los paisajes forestales; así fue como llegué a ser investigador sobre especies arbóreas y ciencias forestales.



❖ ¿Cómo incidió su trabajo en la estación de campo “Los Tuxtlas” en su labor de investigación?

Fue al revés: mi interés en la investigación sobre selvas me llevó a la Estación de Biología Tropical “Los Tuxtlas”, la cual se encuentra ubicada en la selva alta perennifolia, a 30 km de Catemaco, en Veracruz. Yo estudié Biología en Alemania, de donde soy, y allí llegó un profesor que impartió una conferencia sobre una visita que él había hecho a la estación de Los Tuxtlas. Como a mí me interesaban mucho los paisajes forestales, especialmente las selvas en estado primario ubicadas en el trópico, me llamó mucho la atención lo que había en Los Tuxtlas. La Estación se sitúa al lado del Golfo, y el lugar es montañoso, lo que le da un ambiente paisajista atractivo. Derivado de esa plática, en mi trabajo de licenciatura fui a coleccionar plantas en la selva de la estación. También para el doctorado en Estados Unidos hice mi trabajo de campo en Los Tuxtlas. Como la estación pertenece al Instituto de Biología, después me preguntaron si tenía interés en seguir trabajando ahí. De 2001 a 2006 trabajé en la estación, dos años como su jefe. Luego me fui un año sabático al New York Botanical Garden, y al regresar me cambié al Departamento de Botánica del Instituto de Biología en la Ciudad de México, donde hay más investigadores residentes.

59

❖ Hacer investigación implica la construcción de una red: ¿qué ventajas tiene contar con saberes y contactos de otros países?

Hay investigación en redes y hay investigación individual. Hoy en día hay una tendencia de pensar que las redes siempre son mejores, pero esto depende mucho del tipo de investigación. Un taxónomo o un matemático frecuentemente trabaja en forma individual. En contraste, los estudios que dependen de equipo caro y bases de datos grandes con frecuencia se llevan a cabo en redes. Sea como sea, saberes y contactos de otros países siempre te abren la mente y facilitan ver un problema desde diferentes ángulos.

❖ **¿Cómo logró compaginar su trabajo académico con algunos proyectos grandes de vinculación para la sociedad?**

Originalmente estudié Biología, pero después hice un doctorado en Ciencias Forestales y Ambientales. Las ciencias forestales son más de aplicación que la Biología, la cual, en su origen, es una ciencia básica. Desde mi incorporación al Instituto de Biología he recibido solicitudes para atender asuntos que van más allá de lo académico, por mi formación y porque me ha interesado la vinculación. Mi primer proyecto fue con Pemex, posteriormente con la Auditoría Superior de la Federación y en la última década con la Conafor. Con Pemex trabajé en el diseño de dos parques ecológicos cerca de Coatzacoalcos. Para el Parque Ecológico “Jaguarundi” nos encargamos incluso su operación en los primeros tres años.

Para la Auditoría Superior de la Federación hicimos una revisión del Programa Pro-Árbol. En la época del presidente Felipe Calderón se canalizaron recursos a comunidades con altos índices de marginación para reforestar, mejorar los suelos y cuidar el ambiente. Lo que nosotros evaluamos fue el funcionamiento de los programas en el campo, para lo cual visitamos los municipios más pobres de México. A partir de ello encontramos que el programa tenía tres problemas: el primero, no hubo mucha investigación para la selección de las especies y tampoco en la selección de las semillas para producir los árboles. El segundo problema se relaciona con el ciclo de la naturaleza: se requiere reforestar

en la época de lluvias y no de sequía, pero la entrega de los recursos y la burocracia no se adaptan a eso. Tercero, no es recomendable restringir la duración de un proyecto de reforestación a unos meses o quizá un año; más bien, su duración debe ser de al menos tres años para incluir el manejo forestal de las plántulas sembradas.

A pesar de lo anterior, encontramos algunos casos en los cuales los resultados fueron buenos. El problema es que muchos de estos proyectos son de iniciativas políticas a corto plazo, más enfocados a entregar dinero que en lograr resultados a largo plazo. El gobierno actual inició el programa *Sembrando Vida*, muy similar al que nosotros evaluamos, que ni siquiera lo coordina la Conafor, sino una secretaría que no tiene antecedentes en reforestar. Otro reto de la reforestación en México es que existen aproximadamente 3 mil especies nativas de árboles o plantas arborescentes. Hay una gran diversidad de situaciones ambientales, con variación de suelo y clima. Entonces es recomendable probar primero una mezcla de especies por uno o dos años, para ver cuáles prosperan en un sitio particular. En una segunda fase se pueden seleccionar las especies que hayan funcionado mejor. Desafortunadamente, esta práctica se sigue muy poco.

❖ **¿Cuál sería, a su juicio, el reto más importante para hacer vinculación? ¿Qué problemas supone?**

Hay una fuerte demanda de la sociedad, ejercida por los políticos, para que los académicos participen en la solución de los problemas de la sociedad. En



contraste, en la academia hay una tendencia a evaluar el desempeño casi exclusivamente por el número de artículos y de citas, lo que no es compatible con la vinculación. En mi caso, el proyecto con Pemex fue contraproducente para mi trayectoria, porque en lugar de producir artículos había desarrollado y operado un parque ecológico para la educación ambiental con hasta 20 mil visitantes en un año. Las comisiones evaluadoras no consideraban que un investigador debería dedicarse a eso. El nuevo esquema del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) dice ahora, muy claro, que para el área de Biología lo que sirve son los artículos en revistas indexadas y en su caso las patentes. Sin embargo, los proyectos de vinculación de una universidad pública tienen como resultado la redacción de informes técnicos. Así que como los informes técnicos no son reconocidos en las evaluaciones académicas, no se elaboran con cuidado, lo que resulta en una mala imagen para la institución que los hace y en que los datos de los informes son de poca relevancia. En resumen, la forma de evaluación académica actual frena y hasta impide la vinculación.

Por ejemplo, estamos haciendo un atlas de leguminosas arbóreas de México, que vamos a publicar electrónicamente en el Instituto de Biología. Sin embargo, el SNI ya no toma en cuenta libros para el área de Biología y Química. El gran problema del SNI es que está pensado para todas las instituciones de México, una situación que no sucede en otros países, donde normalmente se incentiva una diversidad de perfiles institucionales. Algunas instituciones están especializadas en aplicaciones y vinculación, mientras otras en investigación básica.

En México, bajo el esquema del SNI, todas las instituciones se miden bajo estándares muy similares, y el SNI no es cualquier premio: ser miembro del SNI generalmente se maneja como un requisito para ser promovido y recibir dinero para proyectos científicos. Una cosa que me sorprende es que este esquema restringido se fortaleció todavía más en el actual gobierno, el cual, al menos en el discurso, dice promover la solución de problemas sociales.

❖ ¿Cómo impactan los sistemas de evaluación en el tipo de conocimiento que se produce?

Un investigador trabaja en sus líneas de investigación. Como universidad deberíamos abarcar todos los campos, no sólo lo que es popular. Las líneas de investigación deben plantearse más allá de coyunturas específicas y ser de largo aliento. Sin embargo, el sistema de evaluación actual te recompensa por trabajar en líneas populares, en las que el número de científicos es más alto: los factores de impacto de las revistas son más altos, las citas son más frecuentes y es más fácil formar un grupo, en el cual los miembros se incluyen mutuamente como coautores, resultando así en más artículos por autor, en revistas con mayor factor de impacto y con mayor probabilidad de ser citados. Como ejemplo, compare un ecólogo trabajando sobre cambio climático con un taxónomo trabajando sobre un raro grupo de insectos. A ello se suma que según las nuevas reglas del SNI, un biólogo o químico ahora está obligado a publicar en revistas con un factor de impacto de por lo menos 0.5. Sin embargo, una revista con un factor de impacto menor no necesariamente es una mala revista. Además, la presión de publicar pronto y de manera numerosa es contraria a la idea de hacer investigación a largo plazo con resultados maduros que están siendo probados. Hay que recordar que una publicación es en el fondo un medio de comunicación y no un tipo de moneda.

❖ ¿Cómo aporta su trabajo en el Inventario Nacional Forestal y de Suelos de México a la conservación de las especies?

Por ley se tiene que hacer un inventario nacional que se realiza en fases de cinco años, en más de 26 mil sitios de 1600 m² cada uno en todo México. Cada año se visita una quinta parte de los sitios, de tal suerte que a los cinco años queden todos los sitios visitados. Quienes los visitan, brigadas de campo de las empresas que ganan la licitación hecha por Conafor, tienen como misión tomar una serie de mediciones y coleccionar muestras botánicas. Hace una década insistí mucho en la Conafor que, habiendo 3 mil especies de árboles, estos brigadistas

tas no pueden conocer e identificar cada especie correctamente. Entonces empezaron a mandarnos al Herbario Nacional de México en el Instituto de Biología ejemplares de plantas, para que aquí los especialistas los identifiquen y alrededor de 15% también se preparan para la colección permanente. Hasta este año nos han enviado más de 45 mil ejemplares. Este proyecto es una buena combinación entre investigación y vinculación, porque resultan datos relevantes para su análisis, se enriquecen las colecciones y la Conafor reporta bien las especies arbóreas existentes.

❖ ¿Qué le ha dado la UNAM al doctor Ricker, y usted qué piensa que le ha dado a la UNAM?

La UNAM me ha dado mucha flexibilidad de trabajar en los temas de mi interés y con un horario flexible, aunque siempre luchando con el esquema de evaluación. Me ha dado dos años sabáticos, uno en EUA y otro en Suecia, una infraestructura estupenda, y hasta mi esposa que conocí en la UNAM. Lo que yo le he dado a la UNAM es una forma de pensar científica en muchas discusiones con alumnos y colegas, proyectos de vinculación visibles e incluso con recursos para el mismo Instituto y la UNAM, así como algunos artículos que yo considero que son buenas contribuciones para atender problemas reales.

Mi frustración ahí es que hoy en día cualquier aportación se hunde un poco en un mar de artículos. La idea que hubo cuando yo era estudiante, de que los artículos deberían discutirse para buscar retroalimentación, se ha perdido en gran parte. A veces me parece que la academia se centra mucho en la producción de artículos y no en los aportes de la investigación, en los hallazgos. Estamos trabajando en el Instituto de Biología en un ajuste de los criterios de evaluación. Contribuir con nuevos criterios de evaluación podría ser una aportación importante para la UNAM en el futuro.





Vayamos a Marte por nuestra salamandra interior

Alguna vez vimos, en clase de Biología, que algunos animales, como las lagartijas, tienen la capacidad de generar una nueva cola cuando dejan la suya para poder huir de los depredadores (algo que se conoce como autotomía caudal), y muchos pensamos, ¡wow!, eso sería genial si nosotros los humanos lo pudiéramos hacer, seríamos candidatos a ingresar a los X-Men; aunque eso no está tan lejos de ser posible, no hablo de pertenecer al grupo del profesor Charles Xavier, sino de generar nuevos miembros, como sugiere un intrigante estudio llevado a cabo por investigadores de la Universidad de Duke, en Carolina del Norte, el cual apunta que nuestra especie guarda una capacidad oculta para regenerar los cartílagos de nuestro cuerpo, un hallazgo que podría cambiar para siempre el tratamiento de lesiones en las articulaciones o, incluso, acabar con la artritis.

El cartílago es un tejido conjuntivo blanquecino, sólido, resistente y elástico que reviste las articulaciones y se añade a ciertos huesos para alargarlos, o bien forma parte de ciertos órganos como las orejas y la nariz. Pues bien, los especialistas del estudio publicado en *Science Advances*, mencionan que “el cartílago de las articulaciones humanas puede repararse a sí mismo mediante un proceso similar al utilizado por criaturas como las salamandras y los peces cebras para regenerar sus extremidades”. Te imaginas que esto se pudiera comprender a profundidad, ¡traería avances como poder regenerar tejidos articulares y

posiblemente extremidades humanas completas!

Hasta ahora se pensaba que los cartílagos podían repararse solos, pero en un rango muy pequeño, la nueva investigación ha demostrado que, en realidad, los humanos disponemos de un “interruptor oculto” que es capaz de activar el crecimiento de los cartílagos, tal como sucede en esos animalitos que a veces nos causan mucho miedo. Finalmente, los autores mencionan que los cartílagos en los tobillos son más rápidos para regenerarse que, por ejemplo, los de las rodillas o los de la cadera. Pero más allá de eso, esto es una buena noticia para todos nosotros, imagínate, sería como liberar nuestra salamandra interior.



Y ya que andamos con animalitos, déjame platicarte de uno que no trepa ni reptar, pero vive en una piña en el fondo del mar, su cuerpo absorbe y sin estallar, bueno, no es precisamente Bob Esponja, pero sí es como él: una esponja que vive en el fondo del mar. Se trata de la esponja marina, esponja de mar o porífero, algunos piensan que es una planta, pero no, es un animalito que sólo vive en medios acuáticos, no posee movimiento y son uno de los grupos más sencillos que existen, ya que carecen de verdaderos tejidos.

Pues bien, investigadores del Centro de Estudios Avanzados de Blanes (CEAB-CSIC) han descubierto que las esponjas marinas retiran cerca de 48 millones de toneladas de silicio al año del mar, contribuyendo así de manera importante a uno de los ciclos biogeoquímicos fundamentales del océano: el de este elemento químico.

Hasta ahora se pensaba que eran las diatomeas –una microalga– las principales encargadas de modular los niveles de silicio en el océano y de mantener el ciclo en equilibrio, es decir, conseguir que la cantidad de silicio disuelto que entra cada año en el océano sea equivalente a la que sale.

Se ha calculado que las esponjas, el grupo de animales más antiguo del planeta, sacan del océano unos 48 millones de toneladas de silicio cada año, un proceso que sucede cuando, tras la muerte de las esponjas, sus piezas esqueléticas, que son microscópicas, comienzan a ser enterradas en los sedimentos. El silicio es arrastrado al mar por los ríos, donde es absorbido por las diatomeas y las esponjas, que al morir se sedimentan, quedando menos silicio biodisponible para otros organismos. El silicio sedimentado retorna a la biosfera con la subducción y formación de montañas, de ahí se puede obtener para la fabricación del vidrio o utilizarlo en la industria electrónica y computacional, también hay celdas solares y es sabido que los microchips tienen como base el silicio. De ahí la importancia de este animalito y su lugar en el ciclo del silicio.



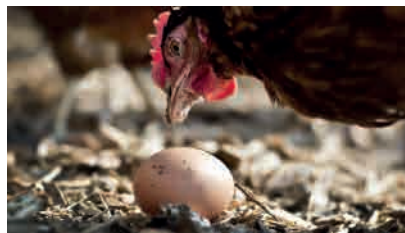
Siguiendo con los animalitos, quiero preguntarte ¿cómo te gustan los huevos?, ¿estrellados, cocidos, batidos, con papas, con chorizo, con jamón?, la verdad es que son deliciosos en todas sus variedades. Sabías que a muchas personas les preocupa de dónde vienen, si son de granja o de campo, si son de gallinas criadas en suelo o en jaula, y que en Europa se obliga a distinguir la procedencia de los huevos comercializados a través de los números 0, 1, 2 o 3, en una escala que va desde los obtenidos a partir de gallinas con alimentación ecológica y criadas al aire libre hasta los procedentes de aves enjauladas.

Pero sí, es difícil determinar si los huevos realmente son lo que dice en la etiqueta. Hasta la fecha, ningún método permitía saber en un único análisis a cuál de las cuatro tipologías pertenecían. Sin embargo, una investigación desarrollada en la Universidad de Santiago de Compostela (USC), ha permitido obtener un test que, con una fiabilidad de 100%, hace posible distinguir entre los cuatro tipos de huevo en un único procedimiento. La clave ha sido concentrar el análisis en la composición de la yema, partiendo de la hipótesis de que la alimentación de la gallina y su grado de movilidad y actividad física iban a tener una traducción directa en esta variable.

Así, con el uso de un espectrofotómetro se obtiene el espectro ultravioleta

visible NIR (infrarrojo cercano) asociado a cada composición. Esta tecnología representa una inversión en equipo y un gasto pequeño en reactivos consumibles, pero podría resultar de interés tanto para la inspección alimentaria como para la industria, en la vigilancia de su competencia.

Los cuatro tipos de huevos según el método de cría son: 3. gallinas criadas en jaula, 2. gallinas criadas en suelo (no están encerradas en jaulas, pero tampoco tienen acceso al aire libre, deambulan en los graneros), 1. gallinas camperas (sí tienen acceso al aire libre) y 0. gallinas de producción ecológica. De esta manera podremos estar seguros de que lo que consumimos es lo que queremos, porque a final de cuentas, como decía mi abuelita, el huevo de rancho es mejor y más grande, aunque algunos siempre dirán que sabe mejor el huevo de una gallina feliz.



Y es que los huevos y la gallina siempre han sido tema de debate, o tú no te has preguntado qué fue primero ¿el huevo o la gallina?, ah verdad. Otra cosa que ha ocupado al ser humano desde hace mucho tiempo es la necesidad de buscar vida en otros planetas, y ninguno se nos ha hecho tan interesante como el denominado planeta rojo: Marte. La búsqueda de cualquier tipo de vida en ese planeta ha sido una prioridad para las principales agencias espaciales desde hace varios años. Aunque no se han en-

contrado las bellas ciudades abandonadas y en silencio sepulcral como las que relata Bradbury en sus *Crónicas*, por lo que queda descartada la posibilidad de que civilizaciones inteligentes vivan allí. Ahora los científicos debaten acerca de si en aquel mundo donde las temperaturas oscilan entre 20 grados en el ecuador en el verano marciano y los -140 grados en las noches de invierno en los polos –donde se ha comprobado que hay agua– algún tipo de ser puede llegar a subsistir. Lo más interesante es que la pista que más les acerca a ese soñado “sí” es la existencia de metano en el aire.

Y es que, en el Tierra, ese gas lo generan los seres vivos, normalmente por la descomposición de la materia orgánica, aunque también existen microorganismos, llamados metanógenos, que prosperan en lugares en los que el oxígeno escasea y producen este gas. Si bien se han encontrado trazas de este gas en el aire marciano, no se trata de cantidades suficientes como para que puedan significar una prueba irrefutable de la existencia de vida. Sin embargo, hace unas semanas *The New York Times* publicó que el rover Curiosity habría descubierto 21 partes por billón de metano, lo que significa unas tres veces más que la vez en la que más se detectó este gas en la atmósfera marciana.

La NASA no lo ha confirmado y los científicos aún debaten acerca de las mediciones, que se estarían repitiendo con más exhaustividad durante estos días. Pero espérense, no suelten los cohetes todavía, aquí viene el quitarrisa: que haya metano no es señal inequívoca de vida, los expertos han demostrado que existen reaccio-

nes geotérmicas que pueden generar metano sin que organismos vivos participen en el proceso. En este caso, el proceso es mucho más lento, por lo que se trataría de depósitos muy antiguos que se están liberando a través de las grietas del suelo marciano.

Como sea, se cree que puede haber microorganismos vivos en Marte, y los científicos especulan con que éstos podrían haberse trasladado bajo tierra para mantener su ecosistema. De ser ciertas estas informaciones, parece que el debate sobre la posible existencia de vida en Marte aún tendrá muchos nuevos capítulos por delante, y como dicen por ahí, esto se va a poner bueno.



Como buena es la idea de inventar una máquina que lea el pensamiento, no te rías, no es la máquina que el Doc trataba de probar con Marty McFly en la saga de *Volver al futuro* cuando éste llegó a su casa del pasado luego de que el Doc fuera atacado por los terroristas libios en el presente. No, este invento busca devolver la voz a tantas personas que han sufrido devastadores accidentes cerebrovasculares, trastornos neurológicos e incluso cáncer que ahora dependen de dispositivos semejantes al que usaba Stephen Hawking para contactar con el mundo que los rodea. Estas tecnologías pueden resultar de gran ayuda, pero

son mucho más lentas que la velocidad normal del habla humana, generalmente permiten emitir ocho palabras por minuto, lo que está muy lejos de la comunicación fluida natural, con unas 150 palabras por minuto como promedio, o más si eres de esos alumnos para los cuales los maestros usaban un sellito con la figura de un periquito y una nota que decía: “habla mucho en clase”.

Al respecto, científicos de la Universidad de California, en San Francisco, y la de Emory, en Atlanta, han desarrollado una nueva interfaz cerebro-ordenador capaz de reproducir frases enteras directamente del pensamiento. Y todo gracias a algo que han denominado “deep learning” (aprendizaje profundo), el sofisticado campo de inteligencia artificial que imita la manera en que aprende el cerebro humano. De hecho, no es la primera vez que se da a conocer una máquina para “leer la mente” con una tecnología similar, pero las anteriores sólo han logrado captar palabras monosilábicas sueltas.

Este nuevo invento posee un decodificador que puede transformar la actividad cerebral en lenguaje utilizando las señales neuronales que controlan los labios, la lengua, la laringe y la mandíbula. Claro, aún no es perfecto ni funciona al 100 (como dicen en mi barrio), pero es un gran avance para que todos aquéllos que ahora no pueden, en un futuro no muy lejano puedan decir lo que están pensando.



Y ya que hablamos del cerebro, quiero preguntarte, ¿qué tan bueno eres para hacer amigos? Porque hay gente que apenas llega a un lugar y ya tiene como 20 amigos, todos acabados de conocer, por el contrario, hay quien pasa 30 años en un lugar, y no es amigo de nadie. Y es que ciertamente puede ser fácil hacer amigos con personas que presentan rasgos similares a los nuestros, como la edad, el género o la etnia, entre otros factores. Pero eso no es lo único que comparten los amigos (el lonche, la ropa y otras cosas también, bueno eso es broma). Cuando tenemos un amigo, nuestro cerebro también parece responder de forma parecida a la hora de percibir e interpretar el mundo, esto según un estudio de la Universidad de Darmouth (EE. UU.) que aparece en la revista *Nature Communications*.

El enfoque es precisamente ése: ver cómo los cerebros de amigos reaccionan de forma similar. Y es interesante porque los resultados revelan que, dentro de un grupo de personas del mismo entorno, se puede predecir quiénes son amigos y, además, qué tan amigos son, simplemente observando su respuesta neuronal frente a una serie de videos (órale, y nosotros pensando en que eso se sabía si aparecían en todas las *selfies* juntos).

En realidad, se trata de un ejercicio en el que las personas ven los videos, y es común que reaccionen de manera similar a aquéllos que son sus amigos (se ríen de lo mismo, lloran con la misma escena, o les trae un recuerdo que vivieron juntos), de hecho, siempre nos pasa que, con los más cercanos, sin decirnos una palabra, sabemos qué es lo que quieren o cómo van a responder ante una situación, lo que no nos pasa con gente que no es cercana a nosotros. Es decir, es lo que entre nuestro grupo de cuates conocemos como estar en el mismo canal.

La investigación no termina ahí, pues ahora los científicos se preguntan si ¿tendemos a ser amigos de las personas que ven el mundo como nosotros, o bien nos volvemos más similares después de hacernos sus amigos, o tal vez ocurran las dos cosas al mismo tiempo? Eso lo sabremos más adelante.



Lo que sí sabemos es que andando con los amigos no falta que nos sucedan cosas como cortes, rasguños, ampollas, quemaduras... bueno, siendo sinceros, a muchos nos ocurren hasta cuando estamos sentados sin hacer absolutamente nada, porque muchos presentamos lo que la Doctora Juguetes diagnosticaría como un severo caso de accidentitis. Y es que hay muchas formas en las que nuestra piel puede resultar

dañada, pero para todas ellas siempre habrá una bandita que lo único que hace es remojarnos la herida y prolongar el tiempo para que ésta sane, porque ni quita el dolor, ni evita la humedad, es más, ni siquiera se mantiene por mucho tiempo en su lugar.

Pero eso se acabó (espero se escuchan muchos aplausos), porque un equipo de investigadores de distintas universidades estadounidenses ha desarrollado un nuevo sistema de super banditas para acelerar la cicatrización de heridas basado en hidrogeles sensibles al calor que son mecánicamente activos, elásticos, resistentes y antimicrobianos (más aplausos). Y los han denominado adhesivos activos (AAD), bueno, ya pensaremos en un mejor nombre.

Lo que sí es interesante es que esta tecnología tiene el potencial de ser utilizada no sólo para lesiones superficiales, sino también para heridas crónicas como úlceras diabéticas. Estas nuevas banditas pueden cerrar heridas (excepto las que te provocó tu ex) significativamente más rápido que otros métodos (bueno, está por verse si son más eficaces que los besos y la salivita de mamá) y prevenir el crecimiento bacteriano sin necesidad de ningún dispositivo o estímulo adicional.

Estas banditas ya han probado su eficiencia en el laboratorio con muy buenos resultados, esperamos pronto poder tenerlas en el mercado, claro, como siempre, las preferimos con diseños de nuestros personajes o de nuestro equipo favorito, ¿o me equivoco?



Y ya que mencioné equipo favorito, en mi ciudad el futbol soccer es un estilo de vida, la gente se apasiona, comenta, debate, se pelea, vive, sueña, come y canta futbol. Y uno pensaría que esos temas son para gente sin estudio, o que la ciencia no se ocupa de ellos, pero nada más alejado de la realidad. Porque déjame decirte que un estudio realizado por investigadores de la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Granada (UGR) (España) ha revelado que cuando un equipo va ganando por al menos dos goles durante un partido de futbol (aclaramos esto porque también hay marcadores globales en las denominadas series de visita recíproca), suele aumentar la efectividad de sus estilos directo, contraataque, mantenimiento y centros (y no, los especialistas no estaban liderados por el joven Sheldon Cooper).

El objetivo del estudio, que publica la revista *International Journal of Sports Science & Coaching*, fue evaluar la efectividad de los estilos de juego en futbol, teniendo también en cuenta variables de contexto en un partido como el marcador (ir ganando, perdiendo o empatando), jugar de local o visitante, y el nivel del equipo rival.

Para ello, los investigadores de la UGR observaron miles de jugadas y se familiarizaron con los diferentes estilos de juego (directo, contraataque, mantenimiento, construcción, amenaza continua, ritmo rápido, centros y presión alta), y llegaron a la conclusión general, aunque con un efecto pequeño, de que la efectividad de los estilos directo, contraataque, mantenimiento y centros, incrementaba cuando los equipos ganaban por dos goles o más.

¿Y para qué sirve eso?, me dirás, puede ser una fuente de información adicional en los cuerpos técnicos de los equipos para tomar decisiones en los partidos y entrenamientos. Además, el análisis de los estilos de juego y su efectividad puede realizarse para un equipo en concreto y comprobar cómo se comporta ante determinadas circunstancias de juego. También se puede comparar el rendimiento de diferentes equipos y ver si unos equipos son más efectivos que otros utilizando determinados estilos de juego. De esta forma se podría ver si un equipo, utilizando un estilo de juego concreto, es más efectivo utilizándolo que sus rivales. O en última instancia, si conviene apostar o no nuestra cabellera contra el acérrimo rival de la ciudad, después de saber esto, tal vez lo pensemos dos veces.



Hablando de deportes, muchas personas creen que los juegos en los

celulares no dejan nada bueno, es más, dicen que aíslan a las personas, pero no todos son malos. Está bien, y eso qué tiene que ver con deportes si la mayoría de las veces nos la pasamos en el sillón o en la cama con el riesgo inminente de que el equipo se nos caiga en la cara. Pues, la verdad, tiene mucha relación, porque hay un juego en especial que tiene que ver con salir a la calle y relacionarse con otros jugadores: Pokémon Go.

Mientras lo ves en tu equipo, aparecen calles y plazas y en ellas monstruos virtuales que este juego de realidad aumentada te invita a cazar. Lo puedes hacer solo, pero hay monstruos tan fuertes que sólo puedes atraparlos si a tu lado hay una veintena de jugadores. El juego es muy popular y en casi todo el mundo se han dado encuentros fugaces entre desconocidos que llegan, luego de haber caminado una hora, a un lugar para capturar juntos un monstruo virtual.

Y tú pensarás: “están chavos, se les hace fácil”, pues no, en Badalona (una ciudad de Barcelona, España), el juego mueve cerca de un millar de personas, y aquí viene lo bueno, entre ellos hay jubilados y jubiladas a quienes algunos trabajadores sociales sanitarios de esta zona les han llegado a recomendar que prueben esta actividad. El objetivo es que salgan más de casa, caminen un buen rato y se relacionen más y mejor con sus nietos o con otros aficionados a cazar pokemones, una nueva receta del siglo XXI para combatir la soledad y el sedentarismo entre los abuelos y abuelas.

Todo esto empezó con la experiencia de un profesor de los Estudios de

Informática, Multimedia y Telecomunicación de la Universitat Oberta de Catalunya (UOC) y director de Innovación, Investigación y Tecnologías de la Información de Badalona Servicios Asistenciales (BSA), que ofrece atención sociosanitaria, especializada y de salud mental.

Él y un grupo de investigadores de Open Evidence de la UOC, llevan a cabo un estudio a partir de los datos anónimos de un chat que crearon para organizar los encuentros en Badalona, en el que hay personas de todas las edades. Además de ver quién atrapa más y a los mejores pokemones, los especialistas esperan saber cuánto caminan cada día las personas con motivo del juego, el número de veces que se encuentran con alguien o cómo son las redes de relaciones que se establecen.

De hecho, este juego ya había sido motivo de estudio, como el que llevó a cabo la Universidad Duke de Estados Unidos, el cual demostró que este videojuego fomenta el ejercicio físico, pues los participantes de ese estudio aumentaron en promedio casi 2,000 pasos diarios las distancias que recorrían desde que comenzaron. Así que la próxima vez que tu mamá te regañe por jugar Pokémon, invítala, atraparlos es la prueba, entrenarlos el ideal, tal vez ella también entienda “su poder interior”.



Aunque para lo que verdaderamente se necesita poder y valor es para soportar las inyecciones, quizá la mayor prueba de valentía a la que muchos se han visto sometidos. Y es que la verdad, muchas enfermeras y doctores hacen que el piquete te duela por meses, aun después de que ya sanaste de la enfermedad por la cual te inyectaron.

De hecho, el mayor miedo de los niños cuando les dicen “vamos al doctor”, es que llegando el galeno los reciba con una jeringa en la mano, lista para ser descargada en las pobres posaderitas del pequeño. Está bien, lo acepto, ese también es el mayor miedo de muchos adultos que prefieren traer los mocos, la fiebre y el dolor por varias semanas, a enfrentarse a la aguja hipodérmica. Pero ese sufrimiento está cerca de llegar a su fin, porque unos investigadores han hallado una molécula que, al disolverse en agua, produce unas vesículas que sirven para transportar cualquier tipo de medicamentos por vía oral o a través de la piel mediante parches. Conservan inalterables los fármacos que llevan, los protegen de los jugos gástricos y los depositan en las células del organismo. Las pruebas realizadas hasta ahora, con insulina y un antitumoral, en ratones, han tenido resultados exitosos.

Las temidas inyecciones que tanto rechazo generan entre niños y adultos podrían convertirse en un efímero recuerdo (ovaciones y cánticos aquí). El hallazgo inédito de científicos de la Universidad Nacional de Río Cuarto promete un cambio sin precedentes en el tratamiento de enfermedades crónicas, como la diabetes o el cáncer.

Las vesículas son microscópicas y constituyen un tipo de sistemas que se asemejan a “vehículos” de transporte capaces de llevar en su interior las moléculas de insulina u otro fármaco. Los resultados preliminares sorprendieron gratamente a los investigadores universitarios (y a nosotros mucho más), pues estaban a las puertas de un hallazgo trascendente: lograr que una vesícula, que puede transportar una sustancia terapéutica como la insulina, resistiera el entorno agresivo del estómago. Esto es algo que hasta ahora nadie había podido conseguir, por eso, muchos de los medicamentos que hoy se encuentran en el mercado no tienen otra vía de aplicación más que por inyección.

Ya se habían encontrado sistemas parecidos, capaces de resistir el paso

por el estómago, pero esa resistencia generaba una rigidez que impedía liberar el medicamento, por eso no eran alternativas terapéuticas. El descubrimiento realizado en la Universidad Nacional de Río Cuarto superó esas barreras. ¿Qué quiere decir esto? Que la vesícula, como repartidor de pizzería, cargada con insulina, puede superar todas las barreras del tracto gastrointestinal, es absorbida a través del intestino, llega hasta la célula y es capaz de entregar el medicamento. Ni más ni menos: cumple exitosamente las funciones que tiene que cumplir.

Claro, a esto todavía le falta mucho, pero es un gran avance, y si para nosotros genera felicidad y algarabía, imagínate para las personas que tienen que inyectarse insulina varias veces al día.





COLABORADORES

Carmen Zepeda Gómez

Bióloga, maestra en Ciencias y doctora en Ciencias Ambientales. Coordinadora de la Licenciatura en Biología en la UAEMéx. Sus líneas de investigación son la Biología y la Biotecnología de recursos naturales. Cuenta con perfil Prodep. Miembro del Cuerpo Académico de Biología y Biotecnología de Recursos Naturales y del SNI, nivel I.

Criseida Alhelí Sáenz Pérez

Ingeniera agrónoma especialista en Fitotecnia por la UACH. Maestra en Ciencias de la Productividad Frutícola por la UACH. Estudiante del Doctorado en Ciencias, con especialidad en Sistemas Agropecuarios y Medio Ambiente, de la UAT.

Cristina Burrola Aguilar

Bióloga, maestra en Ciencias del Agua y doctora en Ciencias Ambientales. Coordinadora del Centro de Investigación en Recursos Bióticos-UAEMéx. Sus líneas de investigación son la Biología y la Biotecnología de recursos naturales. Cuenta con perfil Prodep. Miembro del Cuerpo Académico de Biología y Biotecnología de Recursos Naturales y del SNI, nivel I.

Eduardo Osorio-Hernández

Doctor en Ciencias, con especialidad en Fitosanidad y Fitopatología, por el Colegio de Posgraduados. Profesor-investigador de la UAT. Especialista en fitopatología y microbiología de suelos. Candidato al SNI.

Efraín Neri Ramírez

Licenciado en Ingeniería Ambiental por la BUAP. Maestro en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional y doctor en Hidrociencias por el Colegio de Postgraduados. Profesor de tiempo completo en la FlyC-UAT.

Jaime F. García

Ingeniero agrónomo por el Instituto Tecnológico Agropecuario. Maestro en Ciencias por la UAT. Doctor en Ciencias por la UANL. Su línea de investigación es el efecto de la sequía sobre los ecosistemas del noreste de México.

Juan Carlos Pérez Villameres

Biólogo, maestro en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Alumno del Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la UAEMéx.

Luis Eduardo Tamayo Ruiz

Licenciado en Ingeniería en Desarrollo Sustentable por la UNICACH. Estudiante de la Maestría en Ciencias, con especialidad en Sistemas Agropecuarios y Medio Ambiente, en la UAT.

Luis Enrique Gómez Vanegas

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

María Josefa Santos Corral

Doctora en antropología social. Su área de especialidad se relaciona con los problemas sociales de transferencia de conocimientos, dentro de las líneas de tecnología y cultura y estudios sociales de la innovación.

Melissa del Carmen Martínez Torres

Licenciada en Letras Hispánicas por la UANL. Consejera distrital en el INE. Coeditora de la revista *Ciencia UANL*.

Óscar Luis Briones Villarreal

Licenciado en Biología por la UANL. Doctor en Ecología por la UNAM. Investigador titular en el Instituto de Ecología, A.C. (sede Xalapa). Sus líneas de investigación son la fisiología ecológica de plantas vasculares y los procesos ecosistémicos. Coordinador del Comité Científico Ecosistemas Terrestres del Programa Mexicano del Carbono, A.C. Delegado regional de la Sociedad Botánica de México, A.C. Miembro del SNI, nivel I.

Patricio Rivera Ortiz

Doctor en Ciencias por el Colegio de Posgraduados y la UAT. Diplomado en Química analítica ambiental por la UNAM. Profesor-investigador y coordinador de la Central de Laboratorios en la FlyC-UAT.

Pedro César Cantú-Martínez

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

Sarahí Rubio Tinajero

Maestra en Ciencias, con especialidad en Sistemas Agropecuarios y Medio Ambiente, por la UAT.

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)

70

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

Criterios editoriales (divulgación)

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

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

Todos los artículos deberán remitirse a la dirección de correo:

revista.ciencia@uanl.mx

o bien a la siguiente dirección:

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

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

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



**TRABAJAR
TRANSFORMAR
TRASCENDER**



Indexada en:



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

