



ISSN: 2007-1175

CiENCIAUANL

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



Protección a los bosques en México
Desinfección sustentable de vegetales

Geociencias y la sostenibilidad
Residuos sólidos urbanos: problemática y oportunidad



Año 22,
Número 97
septiembre
octubre
2019



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
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 22, N° 97, septiembre-octubre de 2019. 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: 9 de septiembre de 2019, 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 2019

revista.ciencia@uanl.mx

CIENCIUANL

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. C. 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

La protección a los bosques y la agenda de desarrollo en México

Oshiel Martínez Chapa, Jorge Eduardo Salazar Castillo

14



Opinión

Las geociencias y su relación con la sostenibilidad

Sonia Alejandra Torres Sánchez, Gilberto Carlos García Leal

20



Ejes

Desinfección sustentable de vegetales frescos

José Rafael Linares Morales, Guadalupe Virginia Nevárez Moorillón

26

Sección académica

27

Dinámica de nutrientes en suelos del matorral espinoso tamaulipeco

Perla Cecilia Rodríguez Balboa, Marisela Pando Moreno, Humberto González Rodríguez, Israel Cantú Silva, José Guadalupe Marmolejo Monsiváis, Jonathan Lazcano Cortez

38

Evaluación de carbono almacenado en una plantación de teca (*Tectona grandis* L. f.) en Tizimín, Yucatán, México

Dora Alicia García García, Javier Jiménez Pérez, José Israel Yerena Yamallel, Óscar Alberto Aguirre Calderón, Eduardo Alanís Rodríguez

Índice

44



Curiosidad

Residuos sólidos urbanos: una problemática ambiental y oportunidad energética

José Vian-Pérez, Alejandra Velasco-Pérez, Tania García-Herrera

52



Sustentabilidad ecológica

Enunciación del conocimiento sustentable para asirnos de un futuro mejor

Pedro César Cantú-Martínez

58



Ciencia de frontera

La construcción de sustentabilidad desde una perspectiva socioambiental. Entrevista a la doctora Leticia Merino Pérez

María Josefa Santos Corral

63



Ciencia en breve

71

Colaboradores

73

Lineamientos de colaboración

5

Editorial 97

MELISSA DEL CARMEN MARTÍNEZ TORRES*

◆ Vivimos en un mundo que exige cambiar la forma en la que nos hemos planteado la vida humana, este número 97, septiembre-octubre 2019, lo dedicamos a la sustentabilidad, como propuesta para una nueva forma de actuar.

En “La protección a los bosques y la agenda del desarrollo en México”, encontraremos la importancia que tienen los bosques, las problemáticas de la deforestación y los retos de la reforestación.

Sonia Alejandra Torres Sánchez y Gilberto Carlos García Leal escriben “Las geociencias y su relación con la sostenibilidad”, donde explican qué es la sostenibilidad, las distintas ramificaciones de la Geociencia y cómo pueden conectarse.

Por su parte, José Rafael Linares Morales y Guadalupe Virginia Nevárez Moorillón comparten una propuesta para desinfectar verduras de manera sostenible, por medio de las bacterias ácido lácticas, en la columna Ejes.

En Curiosidad, José Vian-Pérez, Alejandra Velasco-Pérez y Tania García-Herrera, autores de “Residuos sólidos urbanos: una problemática ambiental y oportunidad energética”, retrata los inconvenientes del trato actual de la basura y plantea algunas opciones que incluso podrían generar energía.

En la sección Sustentabilidad ecológica, “Enunciación del conocimiento sustentable para asirnos de un futuro mejor”, de Pedro César Cantú Martínez, se apuesta por la educación, por un cambio de paradigma desde las ciencias, que sea la sustentabilidad un eje desde el cual se mira y se crea conocimiento.

María Josefa Santos Corral entrevista a la doctora Leticia Merino Pérez, antropóloga social que trabaja en la investigación de comunidades que preservan sustentablemente bosques, en Ciencia de frontera.

Entre los artículos académicos contamos con los trabajos “Dinámica de nutrientes en suelos del matorral espinoso tamaulipeco”, de Perla Cecilia Rodríguez Balboa, Marisela Pando Moreno, Humberto González Rodríguez, Israel Cantú Silva, José Guadalupe Marmolejo Monsiváis y Jonathan Lazcano Cortez. También, “Evaluación de carbono almacenado en una plantación de teca (*Tectona grandis* L. f.) en Tizimín, Yucatán, México”, de Dora Alicia García García, Javier Jiménez Pérez, José Israel Yerena Yamallel, Óscar Alberto Aguirre Calderón y Eduardo Alanís Rodríguez.

Esperamos que este número abone al debate sobre las problemáticas ambientales y genere un cambio de conciencia que nos lleve a un andar más sustentable.

*Grupo editorial *Ciencia UANL*.





CASA UNIVERSITARIA DEL LIBRO

REFUGIO DE TODOS PARA LA CULTURA

iVisítanos!

Ven y conoce las instalaciones del nuevo recinto cultural de la UANL, donde podrás asistir a talleres, conferencias y mesas redondas. Nuestra librería cuenta con una variedad de títulos y espacios confortables que invitan a la lectura.

LIBRERÍA / ARTE

Padre Mier 909 Pte. esquina con Vallarta

Martes a sábado: 10:00-20:00 hrs. / Domingos: 10:00-14:00 hrs. / Lunes: cerrado

Entrada libre / Estacionamiento gratuito por Vallarta

Mayores informes: 8329-4111 y en publicaciones@uanl.mx



La protección a los bosques y la agenda del desarrollo en México

OSHIEL MARTÍNEZ CHAPA*,
JORGE EDUARDO SALAZAR CASTILLO*



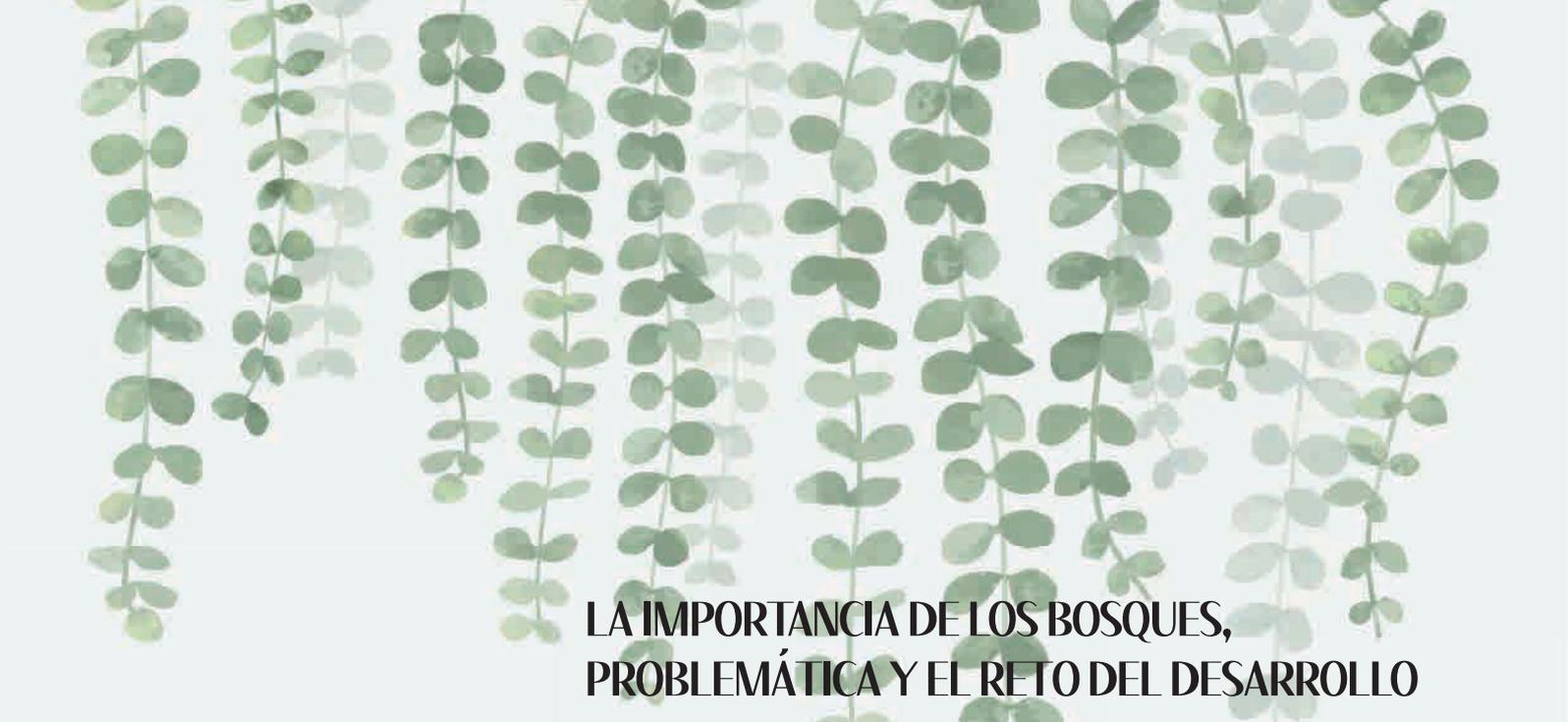
Ciencia y sociedad

Al considerar los recursos naturales fundamentalmente como un medio de obtención de renta económica, la agenda del desarrollo científico y tecnológico proporciona una respuesta muy limitada a los más apremiantes problemas socioeconómicos y no asume, por tanto, un compromiso ético con respecto a las consideraciones sociales y sustentables. El desarrollo no estará completo si no contiene el cuidado de los recursos naturales como elemento de sustentabilidad. Por tanto, resulta primordial la participación de la sociedad en la búsqueda de soluciones a esta problemática. Para tal fin se precisan acciones de concientización y prevención, así como acciones públicas apegadas al estado de derecho. No deben escatimarse recursos y estrategias para encarar el reto de la protección de los bosques.

A pesar de que México cuenta con instituciones y leyes para proteger los bosques y demás recursos naturales, en los hechos no ha sido capaz de prevenir y revertir la deforestación, erosión de la tierra y demás problemas que comprometen nuestro presente y futuro. Entre otras causas, esto se asocia a la insuficiencia de recursos humanos, materiales y financieros para aplicarse en el cuidado de dichos recursos. En ese sentido, se requieren presupuestos y personal suficiente (con el entrenamiento y el apoyo tecnológico) para salvaguardar los recursos estratégicos. De otro modo, los costos medioambientales y económicos de este descuido serán con mucho muy superiores a los del presente.

De acuerdo con Dávalos (1996), los bosques en crecimiento deben reconocerse dados sus intrínsecos beneficios: 1) son enormes almacenes de carbono, 2) la madera es un aislante eficiente energéticamente y 3) es un recurso natural ideal para usos estructurales y arquitectónicos.

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



LA IMPORTANCIA DE LOS BOSQUES, PROBLEMÁTICA Y EL RETO DEL DESARROLLO

Correa (2004) señala que no obstante la existencia de foros organizados a nivel internacional y al interior de los países, se sigue subestimando la cuestión medioambiental y, por tanto, se experimenta el agotamiento de los recursos y degradación de los bosques; además, sugiere la existencia de una relación estrecha entre el crecimiento económico y la calidad ambiental. Lo paradójico de la economía con enfoque neoclásico es que, a mayor capital producido por el hombre, menor capital natural, especialmente el de los recursos no renovables y, aún más, en la calidad de vida (Moreno y Ginebra, 2011: 16-17). El desarrollo sustentable es aquél que reconoce las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las futuras generaciones para enfrentar sus propias necesidades (Hartwick y Olewiler, 1998).

Desde hace décadas se ha insistido en la necesidad de reevaluar el curso de vida que la humanidad está llevando. En la cultura judeocristiana se ha destacado que un vuelco radical hacia los principios de armonía y de respeto que el Creador estableció antaño constituye una solución factible, según se lee en Génesis 1:28-31 y en el libro de los Salmos 8:5-8 (RVR60).

Según Giovanni Monterroso (2010: 65-67), los bosques y, en general, la vegetación, aportan beneficios de enorme valor al medio ambiente. La superficie verde, adicionalmente, constituye la provisión de alimentos, maderas y plantas medicinales (Baptista, 2017). Según Craig, Vaughan y Skinner (2012: 498-499), todos los materiales que se emplean para la salud y la prosperidad provienen de la tierra. En el mismo orden de ideas, Heilbroner y Milberg (1999) afirman el hecho de que en el pasado remoto sólo se buscaba resolver el problema de la alimentación, del agua y de la vivienda para sobrevivir; en el presente las necesidades se han vuelto más complejas y extensas, pues se ha incorporado una gran cantidad de bienes materiales. Los bosques contribuyen a la protección de las cuencas hidrológicas

a fin de posibilitar la generación hidroeléctrica. He ahí dicha limitación, pues se sigue dependiendo de la naturaleza. Es evidente que la humanidad del presente es deficitaria: consumimos más de lo que producimos.

Tarback y Lutgens (2010: 432) consideran que la mayor parte de los nutrientes que sustentan los bosques tropicales se halla encerrada en sus propios árboles. A medida que los árboles mueren de forma natural, los nutrientes se reciclan continuamente. Sin embargo, cuando se cambia el uso de la tierra para la obtención de mayor espacio para la ganadería, los cultivos o madera, se reduce significativamente la mayor parte de los nutrientes; acelerándose así la erosión del suelo con graves consecuencias. Cuando no se privilegia la conservación de los bosques y vegetación en general, se generan deslaves, inundaciones y demás daños a los ecosistemas y a la población humana. El cambio de uso de suelo se ha encontrado asociado al aumento de la propagación de enfermedades infecciosas (Molyneux *et al.*, 2015).

La Conafor (2018) indica que en el periodo 2000-2016 se registró oficialmente un total de 135,232 incendios y la suma de hectáreas consumidas por el fuego en el periodo fue de 4,518,898 y las reforestadas fueron 4,427,794; 98% de los incendios forestales son por causas humanas y 2% por causas naturales.

Según Craig, Vaughan y Skinner (2012: 498-499), aunada a la deforestación, se halla la desertificación. El problema está relacionado con la forma en la que se busca acrecentar en el corto plazo el capital económico. Se parte, erróneamente, de la premisa de que los referidos recursos son infinitos y están ahí para disponer de ellos y asegurar así su desarrollo potencial. El creer que se puede prescindir de los

bosques en aras de alcanzar la modernidad en el espacio urbano ha constituido una fatalidad y sus efectos son incalculables en cuanto al deterioro en las condiciones de vida, de ciudades y comunidades rurales; el problema no sólo es de búsqueda de rentas, sino también de ética pública y corporativa. La tabla I proporciona una descripción con respecto a las causas, efectos y recomendaciones de política sobre la problemática en cuestión.

Tabla I. Deforestación: causas, efectos y políticas.

Causas	Efectos	Acciones de políticas de protección a bosques
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Urbanización creciente con daños a los ecosistemas debido a la producción de vivienda e infraestructura. ▪ Subvaloración de los recursos naturales. ▪ Explotación acelerada de recursos naturales como agua y demás recursos del subsuelo. ▪ Búsqueda de rentas extraordinarias en el caso de maderas exóticas de elevada demanda. ▪ Cambio de uso de suelo. ▪ Fragilidad del Estado ante la presencia de talamontes y del crimen organizado. ▪ Presupuesto insuficiente para la prevención y vigilancia y recuperación de zonas afectadas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incremento en la erosión y pérdida de biodiversidad. ▪ Aumento de precios de los alimentos y recursos forestales. ▪ Mayor vulnerabilidad de comunidades y regiones pobres ante fenómenos hidrometeorológicos como las inundaciones y sequías. ▪ Pobreza y abandono de comunidades deforestadas. ▪ Pérdida de vegetación y de recuperación de áreas boscosas. ▪ Extinción de especies, ondas de calor y aumento del nivel del mar. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Protección de derechos a bosques y áreas protegidas y de patrimonio nacional. ▪ Empoderamiento y revaluación social y económica de los recursos forestales. ▪ Incremento de la vigilancia con apoyo tecnológico. ▪ Recuperación de bosques en zonas urbanas y rurales. ▪ Aplicación de sanciones ejemplares y disuasivas contra talamontes y crimen organizado. ▪ Fomento de ecoturismo y demás acciones de preservación y de sustento económico. ▪ Promoción de bosques urbanos a fin de mitigar el calor y otras afectaciones de los desastres naturales.

Fuente: elaboración de los autores.

PROBLEMÁTICA DE MÉXICO, ACCIONES DE REFORESTACIÓN Y REGULACIÓN EN MATERIA FORESTAL

El Foro Forestal de la Organización de las Naciones Unidas (2012) ha propuesto revertir la pérdida de bosques a través de la gestión sustentable de los recursos forestales. México figura entre los primeros diez países con mayor superficie deforestada y reforestada. La madera representa aproximadamente 40% del suministro actual de energía renovable (Inegi, 2017). México ocupó el quinto lugar a nivel continente americano en la producción de madera en rollo, el tercero en combustible de leña, el sexto en madera aserrada, el décimo en madera para pulpa y el sexto en trozos para aserrar y chapas, respectivamente.

De acuerdo con el Inegi (2017), en México no se han logrado avances en la recuperación de superficies afecta-

das, las razones son las siguientes: en primer lugar, el crecimiento de la población ha presionado por mayor uso de tierra agrícola; en segundo lugar, los propietarios de las áreas forestales buscan mayores tasas de rentabilidad económica aun a costa de sacrificar éstas. En tercer lugar, una parte importante de la población que vive en regiones boscosas utiliza estos recursos para cocinar alimentos, calentarse y pastorear el ganado.

En materia de regulación, en México, el artículo 1 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable –reglamentaria del Artículo 27 de la Constitución Política– tiene por objeto reglamentar y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenamiento, cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos. En el Artículo 2 de la referida ley, los recursos naturales pertenecen a los ejidos, comunidades y pueblos indígenas, personas físicas y morales, la Federación, los estados, la Ciudad de México y los municipios por ser propietarios de los terrenos donde se ubiquen los bosques.

En su desesperación, muchos ejidatarios cambian el uso del suelo y lo hacen también los productores de aguacate, pues consideran esta actividad más rentable que dejar los bosques en su condición natural. Aun cuando se define el desarrollo forestal sustentable como política de Estado, se advierten serias limitaciones para que los pueblos y comunidades indígenas hagan realidad las metas de alcanzar la producción óptima y sostenida sin comprometer el presente y futuro de dichas comunidades.

Las razones por las que se considera poco probable que ocurran estas metas tienen que ver con el hecho de que los pueblos y comunidades indígenas no cuentan con recursos económicos, tecnología, información y demás recursos para la producción óptima y sustentable. En México existe diversidad de proyectos de desarrollo local apuntalados en la perspectiva de la preservación de los recursos naturales, y aun cuando dichos pueblos y comunidades han heredado esta riqueza natural, sus pobladores se ven obligados a realizar actividades de sobrevivencia y riesgo elevado a fin de defenderse de los talamontes y de la delincuencia organizada. Estas comunidades requieren empoderamiento, financiamiento, investigación y proyectos de comercialización rentable para lograr mayor arraigo y bienestar social.



CONCLUSIONES

En la presente investigación se han revisado diversos planteamientos teóricos que abordan esta problemática. Se han hecho patentes los aportes de los bosques en nuestro bienestar, además de que se ha enfatizado en acciones indispensables derivadas de las recomendaciones de agencias internacionales y de dependencias e iniciativas de protección de estos recursos en nuestro país. Existe un capital social y humano que está en condiciones de emplearse para este desafío.

La subvaloración de los recursos naturales, el descuido, la indolencia, corrupción, entre otras causas, han dañado no sólo los bosques, sino prácticamente todos los recursos naturales. Las autoridades competentes deben asegurar que no se tolerarán en lo sucesivo estas prácticas abusivas y depredadoras de empresarios y ciudadanos. Quien infrinja las leyes debe ser acreedor a sanciones y demás consecuencias que prevén los reglamentos en esta materia.

Sin embargo, este círculo vicioso se puede revertir al implementar programas de reforestación y de aprovechamiento máximo del agua y del suelo. En este tipo de cruzadas de protección de los bosques debe alentarse la participación de los sectores público, privado y social. En la parte correspondiente a las recomendaciones, debiera explorarse en lo siguiente:

El valor del desarrollo urbano.
En las dependencias oficiales y en las organizaciones no gubernamentales que se han propuesto la conservación de los bosques deben tomarse en cuenta las mejores prácticas de conservación existentes a nivel internacional. Las recomendaciones de los especialistas en materia forestal que laboran en universidades e institutos



son muy valiosas. Asimismo, las autoridades municipales deben impulsar la creación de bosques urbanos y áreas verdes, asegurándose su debida conservación a fin de que los ciudadanos disfruten y valoren estos recursos. Los constructores de vivienda deben igualmente considerar el preservar este tipo de recursos antes de iniciar sus proyectos de edificación. Resultan igualmente valiosas las acciones llevadas a cabo por parte de iniciativas de maestros, estudiantes, padres de familia y demás ciudadanos en la limpieza, plantación y vigilancia de nuestros bosques. Con acciones de este tipo la sociedad actual cumplirá su compromiso de cuidar los bosques y demás recursos naturales considerados también patrimonio de las generaciones venideras.

El valor del desarrollo comunitario. Según lo expresa Gabriel Zaid (2006: 13), la reforestación y el cuidado de la naturaleza absorbe mayor cantidad de recursos humanos y crea oportunidades productivas derivadas de la silvicultura. Tener bosques productivos a cargo de comunidades locales reduce la pobreza campesina y la hinchazón urbana. Asimismo, mejora la situación del agua, los suelos, la vegetación y la fauna. Una oportunidad de mejora en el nivel de bienestar de algunas comunidades pobres económicamente, pero ricas en recursos naturales, se halla asociada al ecoturismo, oportunidad que implica un cambio en la perspectiva, asentando que la naturaleza también se asocia a la belleza, bienestar y permanencia. Al ser escasos y lejanos de las grandes ciudades, los espacios verdes aumentan su apreciación y su valor económico. De ahí que se vuelva indispensable protegerlos y lograr, de este modo, la generación de empleos a fin de arraigar a los pobladores a su hábitat.

El valor de los incentivos económicos. Entre las acciones que debieran privilegiarse se encuentran: 1) pagar una renta por el cuidado de estos recursos naturales y propiciar a la vez estímulos o exenciones fiscales; 2) promover el denominado precio justo a los bienes; 3) investigar la creación de bienes forestales con mayor valor agregado. El tener bosques, selvas y demás recursos naturales debe ser no un problema, sino una oportunidad para alcanzar mayor bienestar; 4) promover el uso de cocinas limpias, eficientes y al alcance de las necesidades de la población y, no menos importante, 5) promover, adicionalmente, el cuidado, disfrute y aprovechamiento sustentable a partir de esquemas de recuperación de los costos con el cobro a turistas.

El valor de la tecnología. Equipos de monitoreo, prevención de acciones de respuesta inmediata en casos de siniestro: incendios, enfermedades, plagas, fenómenos meteorológicos, presencia de talamontes y de los grupos de la delincuencia organizada. Con la utilización de satélites, drones, sistemas de información forestal y demás recursos se puede intervenir a tiempo y así reducir el riesgo de pérdidas que traen mayor pobreza y sufrimiento para quienes viven en estas zonas.

REFERENCIAS

Baptista, P. (2017). Cae en tres décadas 20% de la vegetación. *El Norte* [Online]. Disponible en <https://www.elnorte.com/aplicaciones/articulo/default.aspx?id=1276379>

Comisión Nacional Forestal. (2018). *Incendios forestales en México*. Disponible en: https://www.gob.mx/conafor/documentos/Reporte_del_01_de_enero_al_07_de_junio_del_2018.pdf

Correa, F. (2004). Crecimiento eco-

nómico y medio ambiente: una revisión analítica de la hipótesis de la curva ambiental de Kutznets. *Semestre Económico*. 7(14): 73-104. Disponible en: <https://revistas.udem.edu.co/index.php/economico/article/view/1131/1100>

Craig, J.R., Vaughan, D., y Skinner, B.J. (2012). *Recursos de la tierra y el medio ambiente*. Madrid: Pearson Educación S.A.

Dávalos, R. (1996). Importancia ecológico-económica de los bosques. *Madera y Bosques. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, México*. 2(2): 3-10. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61720202>

Hartwick, J.M., y Olewiler, N. (1998). *The Economics of Natural Resource Use*. United States of America. Addison-Wesley.

Heilbroner, R., y Millberg W. (1999). *La evolución de la sociedad económica*. México: Prentice Hall.

Instituto Nacional de Geografía y Estadística. (2017). *Documento, Carta de uso de suelo y vegetación, Aguascalientes*. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/ usosuelo/>

Molyneux, D., Ostfeld, R., Bernstein, A., et al. (2015). *Alteraciones en los ecosistemas, pérdida de biodiversidad y enfermedades infecciosas humanas*. México: Fondo de Cultura Económica.

Moreno, A., y Ginebra, X. (2011). Los desafíos del cambio climático. *Este País*. 240: 76-81.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2012). *Situación de los recursos genéticos forestales en México*. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-be793s.pdf>

Tarback, E.J., y Lutgens, F.K. (2010). *Ciencias de la tierra. Una introducción a la geología física*. Madrid: Pearson.

Zaid, G. (2006). Pobreza y reforestación. *El Norte*, Primera, 29 de octubre.



Las geociencias y su relación con la sostenibilidad



SONIA ALEJANDRA TORRES SÁNCHEZ*,
GILBERTO CARLOS GARCÍA LEAL**



Constantemente, el mundo se enfrenta a los desafíos implicados con la calidad de vida de los individuos del planeta. Es necesario implementar soluciones que ayuden a optimizar la gestión de los recursos naturales. El conocimiento de las geociencias funge como una pieza clave para encontrar formas más sostenibles de utilizar los recursos de la Tierra y así tratar de frenar o mitigar las problemáticas hasta ahora causadas. Una forma de encontrar soluciones gravita en la inclusión de las geociencias, ya que el estudio de la Tierra, su historia y funcionamiento proporciona conocimientos esenciales, experiencia y orientación sobre cómo enfrentar los desafíos planetarios más graves causados por la sociedad (Unesco, 1998; American Geosciences Institute, 2011; Geological Society of London, 2014).

Una manera básica de introducir los principios y prácticas de la sostenibilidad al pensamiento de los individuos es mediante la en-

señanza de las geociencias, la capacitación y el desarrollo profesional continuo (Stewart y Gill, 2016). Como ciencia histórica e interpretativa, la Geología puede informar a la sociedad sobre las interacciones en sistemas humano-ambientales acoplados por habilidades y competencias que nos permiten reconocer las diversas manifestaciones de los fenómenos a diferentes escalas espaciales y temporales (Gosselin *et al.*, 2013).

La mayoría de los geólogos argumentaría que el conocimiento geocientífico, la experiencia y la orientación son fundamentales para abordar los desafíos ambientales (Stewart y Gill, 2016). El propósito de este trabajo es promover el conocimiento para generar conciencia en la sociedad y que ésta pueda distinguir y conocer las consecuencias de los daños geoambientales.



LA SOSTENIBILIDAD

Su raíz latina proviene de *sustinere*, que significa sostener, mantener, sustentar, aunque la influencia del vocablo inglés *sustainable* añade a éstos otros significados como soportar y tolerar, de ahí que se haya impuesto el epíteto de sostenible (Luffiego *et al.*, 2000). La idea de sostenibilidad nunca ha sido extraña al hombre, numerosas civilizaciones han intuido la necesidad de preservar los recursos para las generaciones futuras (Luffiego y Vergara, 2000). La sostenibilidad se refiere, por definición, a la satisfacción de las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas, garantizando el equilibrio entre crecimiento económico, cuidado del medio ambiente y bienestar social. De aquí nace la idea del desarrollo sostenible, entendido como la forma de progreso que man-

* Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

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

tiene el equilibrio sin arriesgar los recursos del mañana.

El objetivo más importante de la sostenibilidad es generar conciencia global, haciendo comprender a la sociedad que el planeta está interconectado, que las acciones antropogénicas afectan a los demás en demasía y que las decisiones en beneficio de unos cuantos repercutirán sobre el futuro del planeta.

Tabla I. Algunas disciplinas de las geociencias.

Disciplina	Enfoque (Jackson, 2005)
Geología	Ciencia que estudia la Tierra, su forma y composición, y los cambios que ha experimentado y está experimentando.
Mineralogía	Estudio de los minerales.
Geología histórica	División principal de la Geología que aborda el origen de la Tierra y su desarrollo a lo largo del tiempo. Normalmente implica el estudio de fósiles y su secuencia en los estratos rocosos.
Paleontología	Estudio sistemático de los fósiles y la historia de la vida sobre la Tierra.
Geofísica	Ciencia que se encarga del estudio de la Tierra desde el punto de vista de la física.
Geomorfología	Es la rama de la Geología y de la Geografía que estudia las formas de la superficie terrestre y los procesos que las generan.
Estratigrafía	Puede definirse como el estudio de las sucesiones de roca y la correlación de eventos y procesos geológicos en tiempo y espacio.
Sedimentología	Es el estudio de los procesos de formación, transporte y deposición del material que se acumula como sedimento en los ambientes marinos y continentales.
Vulcanología	Rama de la Geología que trata con volcanismo, sus causas y fenómenos.
Geología ambiental	Es la aplicación del conocimiento geológico a la investigación del ambiente.

la Geología moderna, como se conoce hoy en día, comenzó a finales del siglo XVII, cuando James Hutton publicó *Theory of the Earth* (Tarbuck *et al.*, 2005). En ese trabajo estableció el principio que constituye el pilar de la Geología actual: “el uniformismo”, el cual establece que las leyes físicas, químicas y biológicas que actúan hoy, lo han hecho también en el pasado geológico. Posteriormente, la obra *Principios de Geología* fue publicada entre 1830 y 1833 por Charles Lyell, quien refuta las hipótesis antiguas y catastrofistas sobre la formación de la Tierra con argumentos en favor de las tesis uniformistas ya enunciadas por Hutton (Tarbuck *et al.*, 2005; Press *et al.*, 2004). Con esto, las geociencias se

abrieron camino y forjaron fronteras hacia lo que hoy en día conocemos.

Desde sus inicios, la búsqueda por definir el uso y las aplicaciones de los materiales naturales ha generado un gran conocimiento de las propiedades físicas y químicas que los definen. Esto ha abierto la puerta al conocimiento de las estructuras internas de los minerales, así como las propiedades y variaciones geoquímicas de las rocas. A partir de los *Principios de Geología* de Lyell, junto con el advenimiento de nuevas técnicas (como la difracción de rayos X, espectrometría de masas, geocronología, etcétera), los modelos conceptuales de los procesos geológicos dejaron de serlo y se

representación gráfica, usos de los materiales y procesos de nuestro planeta.

La naturaleza de nuestro planeta, tanto de sus materiales y procesos, ha sido objeto de estudio durante siglos. Los estudios y descripciones sobre fósiles, gemas, terremotos y erupciones volcánicas se remontan más de 2,300 años. Sin embargo, el nacimiento de



LAS GEOCIENCIAS



Figura 1. Carta geológica de México.

La relación entre las geociencias y la sostenibilidad está estrechamente ligada con la resolución de problemas a través de las ramas geocientíficas, como *a)* la Mineralogía, la Petrología y la Geoquímica, que son útiles para el monitoreo y remediación de contaminantes, para la recuperación de recursos a partir de residuos y en estudios sobre el desarrollo de los ciclos biogeoquímicos; *b)* la Geología estructural, necesaria para conocer si existen estructuras geológicas que comprometan la estabilidad y seguridad de las infraestructuras; *c)* la Geohidrología, para el conocimiento de los procesos hídricos y sus posibles contaminantes; *d)* la Vulcanología, en estudios sobre monitoreo y prevención de desastres naturales como erupciones volcánicas, desa-

rollo de lahares y avalanchas, y *e)* la Geología ambiental, que ayuda en el diagnóstico y mitigación de los problemas de contaminación. Conceptos como la creación de geoparques buscan proteger el patrimonio geológico promoviendo el cuidado de los sitios geológicos y sus vínculos con el patrimonio natural, cultural e inmaterial del área en protección, así como la concientización sobre la geodiversidad y el impulso al desarrollo económico local-turístico sostenible. Además, por medio de la educación y la investigación, en las geociencias se impulsan acciones que promuevan el cuidado y conocimiento del planeta.



ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS NO SOSTENIBLES QUE AFECTAN AL SISTEMA TIERRA

Los recursos consumidos en forma de alimento, simultáneamente con el aire y el agua, forman el conjunto de necesidades básicas para el ser humano. La interferencia antrópica en los ecosistemas ha ido más allá de la caza primitiva y colecta de especímenes para la alimentación; pasó por la domesticación de especies para agricultura y



cría, por la introducción de nuevas especies en ambientes diferentes de los originales, por el uso intensivo de los recursos forestales, como la madera, y por la alteración drástica de ecosistemas a través de la tala de bosques, drenaje de pantanos e inundación de tierras (Sánchez, 2000). Los proyectos de ingeniería han afectado al medio biótico por medio de acciones como la disposición de contaminantes, el establecimiento homogéneo de especies vegetales, la tala de la vegetación natural, la colmatación de los fondos de los cuerpos de aguas, el bombardeo de nubes para evitar lluvias o granizo, etcétera. La minería y la industria del hidrocarburo son también actividades que inevitablemente causan impactos sobre los componentes del medio ambiente (Sánchez, 2000). Existe una estrecha dependencia del hombre hacia los recursos mineros, el agua y el suelo, así como de los rasgos geomorfológicos y la selectividad de los territorios respecto a las amenazas geológicas endógenas (vulcanismo y terremotos) y exógenas (inundaciones, avalanchas, derrumbes, etcétera) (Lacreau, 2009).

Los riesgos naturales son parte de la vida en la Tierra, cada día afectan de forma adversa a la población mundial. Entre los procesos terrestres se encuentran la actividad volcánica, las inundaciones, los terremotos y los deslizamientos, sin embargo, estos riesgos geológicos son procesos naturales. Se vuelven peligrosos cuando la población radica en la cercanía de donde estos procesos suceden (Sánchez, 2000). La extracción de recursos como el agua y el suelo,

minerales metálicos y no metálicos, así como la energía representan otro foco de la Geología, que es de gran valor práctico para las personas y que, en conjunto, forman la base de la civilización moderna (Narváez, Pérez y Lavell, 2009). La Geología aborda no sólo la formación y la existencia de estos recursos, sino también el mantenimiento de sus existencias y el impacto ambiental de su extracción y su uso. El rápido crecimiento de la población mundial ha complicado las cuestiones ambientales, ya que amerita una demanda cada vez mayor de recursos y una presión creciente debido a que las personas habitan en ambientes con peligros geológicos significativos (Ogura y Soares, 2000; Narváez, Pérez y Lavell, 2009).



LA EDUCACIÓN COMO HERRAMIENTA PREVENTIVA Y REMEDIADORA

La necesidad de incorporar la sostenibilidad y las ciencias de la Tierra en la enseñanza escolar a todos los niveles es fundamental para promover y generar las bases de una sociedad más viable para la humanidad (Unesco, 2005). La



introducción de las geociencias en la educación y su permanencia en ella generará ciudadanos con una conciencia hacia la fragilidad del mundo y la necesidad del buen uso de los recursos que el planeta ofrece.

En cuanto a los programas de geociencias, es importante generar o incluir en ellos las herramientas adecuadas para promover una transición a la sostenibilidad. Así, los geocientíficos se formarán como individuos capaces de identificar las verdaderas causas de los procesos geológicos que generaron los daños y, a la vez, develar en qué medida los daños podrían haberse evitado mediante la intervención preventiva o correctiva. En la actualidad, la investigación científica y tecnológica generada por los geólogos deberá ser cada vez más dirigida hacia la construcción de un futuro sostenible. En donde los problemas generados por la contaminación ambiental, urbanización desordenada, destrucción de los paisajes y el agotamiento de los recursos naturales sean prevenidos. El geólogo deberá incluso aumentar su participación en la toma de medidas políticas locales, regionales y globales, para realizar propuestas y asesorar en la toma de decisiones, guiándolas hacia la sostenibilidad, así como percatarse y evitar la imposición de intereses particulares, nocivos y dañinos para la población actual o para las futuras generaciones. Se debe implementar en la educación básica una interacción con las escuelas de nivel superior que ofrezcan programas de ciencias de la Tierra, pudiendo generarse a través de seminarios, cursos, talleres, capacitación, concursos y visitas guiadas a zonas con patrimonio geológico. Así como establecer georutas en donde estudiantes de nivel superior, así como el público en general puedan ponerse en contacto con la historia de la Tierra.



CONSIDERACIONES FINALES

Una enseñanza temprana y adecuada de la Geología permite profundizar el análisis y la comprensión de algunos aspectos que inciden negativamente en la vida cotidiana de la sociedad, además de aportar conocimientos para mejorar la formación ciudadana. La educación geocientífica enseña a la sociedad a distinguir entre los daños geoambientales naturales y los de origen antropogénico que suelen naturalizarse para evitar el señalamiento de los responsables que, por acción o ignorancia, los han causado. De igual manera, dentro de los programas educativos especializados en las geociencias debe existir un fuerte hincapié en la búsqueda de técnicas no destructivas para el aprovechamiento de los recursos, la implementación de métodos de prevención, mitigación, remediación y restablecimiento, así como adaptarse a los cambios causados por los métodos extractivos y desastres naturales. Es necesario divulgar la importancia del patrimonio geológico y la evolución de los procesos geológicos-biológicos que rigen al planeta, pero también la irregularidad en la explotación y el aprovechamiento equívoco de los recursos; mientras no exista la implementación de procesos sostenibles ni conciencia ciudadana que impidan el desarrollo urbano y la ocupación de áreas bajo riesgos geológicos, la sociedad estará en riesgo de vivir las consecuencias de la alteración de los procesos geológicos.



REFERENCIAS

- American Geosciences Institute. (2011). *Critical Needs for the Twenty-first Century: The Role of the Geosciences*.
- Geological Society of London (2014). *Geology for Society*. The Geological Society of London.
- Gosselin, D., Manduca, C., Bralower, T., et al. (2013). Transforming the Teaching of Geoscience and Sustainability. *Eos*. 94: 221-222.
- Jackson, J.A. (2005). *Glossary of geology*. Berlin: Springer.
- Luffiego G., M., y Rabadán V., J. (2000). La evolución del concepto de sostenibilidad y su introducción en la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*. 18: 476.
- Narváez, L., Pérez O., G., y Lavell, A. (2009). *La gestión del riesgo de desastres. Un enfoque basado en procesos*. Perú: Secretaría General de la Comunidad Andina.
- Ogura, A., Soares M., E. (2000). *Procesos y riesgos geológicos. Notas de clases dictadas en el II Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Protección Ambiental*. Oficina Regional de Ciencia de la Unesco para América Latina y el Caribe Oficina de Unesco en Montevideo, 114-137.
- Press, F., Siever, R., Grotzinger, J., et al. (2004). *Understanding Earth*. EE.UU.: MacMillan.
- Sánchez, E. (2000). *Impactos sobre los ecosistemas. Notas de clases dictadas en el II Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Protección Ambiental*. Oficina Regional de Ciencia de la Unesco para América Latina y el Caribe Oficina de Unesco en Montevideo, 322-331.

Stewart, I. S., y Gill, J. C. (2017). Social geology-integrating sustainability concepts into Earth sciences. *Proceedings of the Geologists' Association*. 128(2): 165-172.

Tarback, E. J., Lutgens, F. K., Tasa, D., et al. (2005). *Ciencias de la Tierra*. Madrid: Pearson Educación.

Unesco. (1998). *Environmental and Engineering Geology for Sustainable Development*. Moscow: Moscow University of Engineering Ecology.



Desinfección sustentable de vegetales frescos

José Rafael Linares Morales*, Guadalupe Virginia Nevárez Moorillón*

En la actualidad, la industria alimentaria busca nuevos métodos de preservación, amigables al ambiente, capaces de reducir pérdidas económicas por deterioro de los alimentos, así como impedir la transmisión de microorganismos patógenos (Boyacioglu *et al.*, 2013). La bioprotección o uso empírico de microorganismos o sus metabolitos para la preservación de alimentos ha sido una práctica común en la historia de la humanidad. No obstante, desde hace poco ha surgido como una técnica prometedora para aumentar el tiempo de vida útil y mejorar la inocuidad de los alimentos de forma natural. En particular con los vegetales, puesto que su calidad se reduce con rapidez una vez cosechados, debido a su alto contenido de humedad y a que factores ambientales, como la temperatura, favorecen el desarrollo de microorganismos deteriorativos. Para alargar su tiempo de vida útil, es conveniente utilizar métodos de desinfección y conservación inmediatamente después de cosechados. El método de desinfección más empleado es el lavado con agua clorada, sin embargo, no siempre es efectivo (Jung, Jang y Matthews, 2014; Corbo *et al.*, 2010).

*Universidad Autónoma de Chihuahua.
Contacto: vnevare@uach.mx



CONTAMINACIÓN DE VEGETALES FRESCOS

A lo largo del periodo de cultivo o “periodo de precosecha”, las plantas pueden estar en contacto con microorganismos que podrían ser patógenos para el ser humano, incluyendo bacterias, virus y parásitos. Éstos pueden provenir del medio ambiente, ya sea por la acción del viento o por la presencia de animales domésticos y silvestres. También pueden llegar al cultivo por medio del agua de riego de mala calidad (Jeddi *et al.*, 2014). Por otra parte, el “periodo de poscosecha” es la etapa que abarca desde la recolección de los vegetales hasta la colocación de estos productos en venta, e incluye las actividades de lavado, cortado, desinfección, empaclado y almacenamiento. Estas actividades presentan muchas oportunidades de contaminación cruzada; las fuentes de microorganismos incluyen empaques en mal estado, contenedores mal lavados, las manos de los operadores al momento de manipularlos, las mesas de trabajo en el procesamiento, por sólo mencionar algunos ejemplos. Además, el agua de lavado de mala calidad microbiana o sin

tratamiento también puede servir como un vehículo de dispersión de microorganismos (Jung, Jang y Matthews, 2014).

Para reducir este proceso de contaminación con microorganismos patógenos o responsables del deterioro, los vegetales, después de la cosecha, se someten a procesos de lavado con agua clorada. Este procedimiento debe tener un manejo cuidadoso, porque si se emplea en cantidades excesivas puede causar irritación en los pulmones y piel de los trabajadores, decoloración de los productos, aumento de la corrosión de los equipos y formar compuestos cancerígenos (Jung, Jang y Matthews, 2014; Corbo

et al., 2010). Por otro lado, los conservadores químicos han ocasionado reacciones alérgicas en personas sensibles; de igual forma, el uso de agroquímicos ha causado problemas como la resistencia de hongos a los fungicidas y la presencia de residuos tóxicos en alimentos, agua, aire y suelo (Li *et al.*, 2015; Siroli *et al.*, 2015; Jeddi *et al.*, 2014).

BIOPROTECCIÓN

La bioprotección es un método de preservación que se refiere al aumento del tiempo de vida útil y al mejoramiento de la inocuidad de los alimentos utilizando microorganismos grado alimenticio (Cizeikiene *et al.*, 2013), aprovechando su capacidad para producir diferentes sustancias antimicrobianas de bajo impacto ambiental.

El uso de métodos de preservación tradicionales, como altas temperaturas o disminución de la humedad, elimina eficientemente los microorganismos patógenos, pero también afecta la presencia de otros microorganismos con capacidades benéficas; además, afecta negativamente las propiedades fisicoquímicas de los alimentos. En cambio, algunos microorganismos poseen mecanismos de competencia con los que pueden eliminar microorganismos patógenos selectivamente causando alteraciones menores a los alimentos (Adam *et al.*, 2016); se pueden mencionar la producción de sustancias antimicrobianas, competición por nutrientes y espacio e interacción directa entre el antagonista y el patógeno. Estos mecanismos son utilizados por los microorganismos como parte del balance natural en ecosistemas microbianos complejos, cualidad que se puede aprovechar para diseñar sistemas de preservación que aseguren la inocuidad, aumenten el tiempo de vida útil y mantengan la calidad del producto (Corbo *et al.*, 2015; Elsser-Gravesen y Elsser-Gravesen, 2013).

Por otra parte, los alimentos orgánicos son aquéllos que se cultivan y procesan utilizando métodos naturales, que no contengan aditivos químicos ni compuestos sintéticos y que favorezcan las prácticas benéficas para el medio ambiente. Afortu-



nadamente, su consumo ha venido aumentando en los últimos años. La bioprotección puede ser de gran utilidad en la producción de vegetales frescos “orgánicos” en vista de que este método cumple con las características que requiere un producto para ser considerado como orgánico.

BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS

Entre los microorganismos propuestos para su uso en bioprotección de vegetales frescos orgánicos o mínimamente procesados se encuentran las bacterias ácido lácticas (BAL). Estas bacterias han sido ampliamente utilizadas en alimentos fermentados desde hace siglos y su uso es seguro. En los últimos años han ganado fama porque la mayoría de los microorganismos probióticos pertenecen a este grupo. Las BAL no sólo se encuentran en productos lácteos, también en frutas y vegetales es común encontrarlas; se han recuperado BAL a partir de materiales crudos como cereales, frutas y hortalizas (Swain *et al.*, 2014).

Debido a que han mostrado un gran potencial como agentes de control biológico en alimentos mínimamente procesados, también pueden ser empleadas como agentes bioprotectores en vegetales frescos, gracias a los compuestos bioactivos con capacidad antimicrobiana que pueden producir (Ghazvini *et al.*, 2016; Corbo *et al.*, 2015; Olvera-García, Serrano-Maldonado y Quirasco, 2015). Las BAL son generalmente reconocidas como seguras (GRAS) por la Food and Drug Administration (FDA) de los Estados Unidos, y como presuntamente seguras (QPS) por la Unión Europea, lo que las convierte en microorganismos ideales para desarrollar agentes bioprotectores en vegetales frescos (Li *et al.*, 2015; Jeddi *et al.*, 2014).

En la agricultura, el interés por el uso de BAL como alternativa para el control de patógenos entéricos ha ido en aumento (Menconi *et al.*, 2013), por lo que se han propuesto varios métodos para utilizar BAL en alimentos frescos con resultados alentadores (Li *et al.*, 2015). Sirolí *et al.* (2015) resaltan la importancia de aislar y seleccionar agentes de biocontrol del mismo ambiente donde se van a reintroducir. Los autores determinaron que el mejor desempeño de las cepas de BAL empleadas para evaluar la capacidad antagonista fue no sólo contra los patógenos inoculados deliberadamente, sino también contra los microorganismos deterioradores naturalmente presentes en las muestras. Esta habilidad debe atribuirse a la capacidad de las cepas de colonizar el producto, actuando como poderosos competidores por los mismos nutrientes y por los sitios de adhesión y como inhibidores gracias a la acumulación de metabolitos primarios, como ácidos orgánicos, etanol, dióxido de carbono y bacteriocinas, entre otros (Li *et al.*, 2015; Olvera-García, Serrano-Maldonado y Quirasco, 2015; Menconi *et al.*, 2013; Snyder y Worobo, 2013).

Por lo tanto, para ser empleadas como agentes de bioprotección, las BAL se pueden aislar de fuentes vegetales, como frutas y hortalizas, evaluar su capacidad antimicrobiana contra diversos microorganismos y evaluar su efectividad al ser aplicadas sobre vegetales frescos. Las BAL se pueden aplicar directamente por aspersión al alimento como cultivo protector o como un fermentado bacteriano; incluso sus metabolitos purificados pueden ser asperjados sobre los vegetales (Olvera-García, Serrano-Maldonado y Quirasco, 2015; Snyder y Worobo, 2013).



CONCLUSIÓN

En la actualidad, existe una gran necesidad de encontrar soluciones naturales para la protección de alimentos que puedan asegurar su inocuidad y aumentar el tiempo de vida útil, minimizando el daño ambiental. Las BAL como método de biopreservación en vegetales frescos orgánicos tienen una enorme probabilidad de éxito. Se debe alentar la investigación en esta área, para fomentar su desarrollo y de esta forma poder explotar todo su potencial, logrando su establecimiento como método sustentable de preservación.

REFERENCIAS

- Adam, E., Groenenboom, A., Kurm, V., *et al.* (2016). Controlling the microbiome: Microhabitat adjustments for successful biocontrol strategies soil and human gut. *Front. Microbiol.* 7:1079.
- Boyacioglu, O., Sharma, M., Sulakvelidze, A., *et al.* (2013). Biocontrol of *Escherichia coli* O157:H7 on fresh-cut leafy greens. *Bacteriophage*. 3(1): e24620.
- Cizeikiene, D., Juodeikiene, G., Paskevicius, A., *et al.* (2013). Antimicrobial activity of lactic acid bacteria against pathogenic and spoilage microorganisms isolated from food and their control by wheat. *Food Control*. 31: 539-545.
- Corbo, M., Speranza, B., Campaniello, D., *et al.* (2010). Fresh-cut fruits preservation: current status and emerging technologies. *Current Research Technology and education topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology*: 2: 1143-1154.
- Corbo, M.R., Campaniello, D., Speranza, B., *et al.* (2015). Non-conventional tools to preserve and prolong the quality of minimally-processed fruits and vegetables. *Coatings*. 5(4): 931-961.
- Elsser-Gravesen, D., y Elsser-Gravesen, A. (2013). Biopreservatives. *Adv. Biochem. Eng. Biotechnol.* 143: 29-49.
- Ghazvini, R., Kouhsari, E., Zibafar, E., *et al.* (2016). Antifungal activity and aflatoxin degradation of *Bifidobacterium bifidum* and *Lactobacillus fermentum* against toxigenic *Aspergillus parasiticus*. *The open microbiology journal*. 10: 197-201.
- Jeddi, M., Yunesian, M., Gorji, M., *et al.* (2014). Microbial evaluation of fresh, minimally-processed vegetables and bagged sprouts from chain supermarkets. *J. Health Popul. Nutr.* 32(3): 391-399.
- Jung, Y., Jang, H., y Matthews, K. (2014). Effect of the food production chain from farm practices to vegetable processing on outbreak incidence. *Microbial biotechnology*. 7(6): 517-527.
- Li, D., Ni, K., Pang, H., *et al.* (2015). Identification and antimicrobial activity detection of Lactic Acid Bacteria isolated from corn stover silage. *Asian Australas. J. Anim Sci.* 28(5): 620-631.
- Menconi, A., Kallapura, G., Latorre, J., *et al.* (2014). Identification and characterization of lactic acid bacteria in a commercial probiotic culture. *Bioscience of Microbiota, Food and Health*. 33(1): 25-30.
- Olvera-García, Y., Serrano-Maldonado, C.E., y Quirasco, M. (2015). Detección de proteínas con actividad antibacteriana producidas por bacterias ácido lácticas. *Biotechnología*. 19(1): 25-43.
- Siroli, L., Patrignani, F., Serrazanetti, D., *et al.* (2015). Lactic acid bacteria and natural antimicrobials to improve the safety and shelf-life of minimally processed sliced apples and lamb's lettuce. *Food Microbiology*. 47: 74-84.
- Snyder, A., y Worobo, R. (2013). Chemical and genetics characterization of bacteriocins: antimicrobial peptides for food safety. *J. Sci. Food Agric.* 94(1): 28-44.
- Swain, M., Anandharaj, M., Ray, R., *et al.* (2014). Fermented fruits and vegetables of Asia: A potential source of probiotics. *Biotechnology Research International*. 2014: 1-19.





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



SECCIÓN ACADÉMICA

**Dinámica de nutrientes en suelos del
matorral espinoso tamaulipeco**

**Evaluación de carbono almacenado en una
plantación de teca (*Tectona grandis* L. f.) en
Tizimín, Yucatán, México**



Dinámica de nutrientes en suelos del matorral espinoso tamaulipeco

Perla Cecilia Rodríguez Balboa*, Marisela Pando Moreno*, Humberto González Rodríguez*, Israel Cantú Silva*, José Guadalupe Marmolejo Monsiváis*, Jonathan Lazcano Cortez*

DOI: <https://doi.org/10.29105/cienciauanl22.97-1>

RESUMEN

La principal entrada de nutrientes al suelo se obtiene de la hojarasca que es de suma importancia en el entendimiento de los ciclos de nutrientes, la cual depende de tres factores: condiciones climáticas, calidad de la hojarasca y cantidad de microorganismos en el suelo. El papel de los microorganismos es importante en el funcionamiento de los ecosistemas, pues son los que se encargan de degradar la hojarasca y realizar la mineralización e inmovilización microbiana. El objetivo del presente documento es realizar una revisión de bibliografía fundamentalmente del ciclo de nutrientes en suelos del matorral espinoso tamaulipeco.

Palabras clave: ciclo de nutrientes en suelos, matorral espinoso tamaulipeco, condiciones climáticas, mineralización, hojarasca, microorganismos en el suelo.

El suelo es el mayor depósito de carbono, almacena 80% del carbono terrestre global, por lo que interviene en la captura del CO₂ atmosférico (Yáñez-Díaz *et al.*, 2017). El ecosistema denominado matorral espinoso tamaulipeco (MET) cuenta con una superficie de 200,000 km² que abarca el noreste de México y sur de Texas (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2008). El suelo predominante en el MET es el denominado vertisol, el cual tiene una coloración gris oscuro, limoarcilloso con montmorillonita, tiene la capacidad de contraerse y expandirse en respuesta a diferentes cambios en el contenido de humedad del suelo (González-Rodríguez *et al.*, 2011). La disponibilidad de nutrientes y la productividad de los ecosistemas dependen, en su mayoría, de la actividad microbiana presente en el suelo (Gama-Rodríguez, 2011), por tal motivo afecta las relaciones suelo-planta (García, Ramírez y Sánchez, 2012; Saletto-Capellesso *et al.*, 2016). La escasez

ABSTRACT

Soil nutrients are mainly obtained from leaf litter, being of utmost importance the understanding of nutrient cycles. The nutrient cycle usually depends on three factors: climatic conditions, leaf litter quality and quantity of micro-organisms in the soil. The role of micro-organisms is of great importance in the functioning of ecosystems, as they usually degrade the leaf litter, and mineralize and immobilize the microbes. The objective of the present research is to make an extensive literature review on the cycle of soil nutrients in the thorny scrub of the Tamaulipas state.

Keywords: Soil nutrients cycle, thorny scrub tamaulipas, climate conditions, mineralization, leaf litter, soil micro-organisms.

de los nutrientes en el suelo afecta la productividad de los ecosistemas forestales (Cerón-Rincón y Aristizábal-Gutiérrez, 2012; Li, 2010) debido a que la descomposición de la materia orgánica a través de procesos físicos (lixiviación) y biológicos (actividad microbiana) determina el reciclado de nutrientes y su disponibilidad en el suelo para el aprovechamiento de las plantas (Fernández y Aragón, 2014; Fuentes-Molina y Rodríguez-Barrios, 2012; Pérez-Suárez, Arredondo-Moreno y Huber-Sannwald, 2012).

Los factores involucrados en la mineralización e inmovilización de nutrientes son la composición de la vegetación, las interacciones entre la materia orgánica, los microorganismos del suelo y las condiciones ambientales como precipitación y temperatura (Celementano *et al.*, 2011; Gaspar-Santos *et al.*, 2015).

* Universidad Autónoma de Nuevo León.
Contacto: perla.rodriguezbl@uanl.edu.mx

FACTORES INVOLUCRADOS EN LA DINÁMICA DE NUTRIENTES

Los factores principales que controlan la dinámica de los nutrientes se describen a continuación:

Calidad de la hojarasca

La calidad de la hojarasca regula la capacidad del suelo para suministrar nutrientes, almacenar agua, liberar gases de efecto invernadero. Asimismo, las características fisicoquímicas del material orgánico, es decir, el contenido de agua, nitrógeno y demás contenido de nutrientes, en conjunto, influyen fuertemente en la liberación de nutrientes (Bradford *et al.*, 2016; Hopkins y Dungait, 2010; Rawat, Nautiyal y Nautiyal, 2009).

Temperatura y precipitación

Las condiciones ambientales influyen en las características químicas de la hojarasca, regulando de esta manera el ciclo de nutrientes. En este sentido, los factores climáticos como la temperatura y precipitación influyen en la descomposición de la hojarasca (Marmolejo-Moncivais, Cantú-Ayala y Gutiérrez-Suárez, 2013), favoreciendo la presencia o ausencia de la actividad microbiana (Carnevele y Lewis, 2009; Wang, Wang y Huang, 2008).

El efecto combinado de precipitación y temperatura son considerados como factores importantes que condicionan la velocidad de descomposición, en periodos secos, cuando se retrasa la descomposición del material vegetal. Asimismo, las variables climáticas del suelo, como humedad y temperatura, están ampliamente relacionadas con la velocidad de degradación (Gallardo y Pino, 1988).

La temperatura óptima para que ocurra la descomposición de la materia orgánica oscila en un rango de 10-40°C. La actividad microbiana es nula en temperaturas de 0°C (Hopkins y Dungait, 2010). Ejemplo de lo anterior es la temperatura registrada en el MET, respectivamente para Linares, de 12.8°C mínima y 30.6°C máxima, lo que favorece la presencia de la actividad microbiana. En cambio, la precipitación registrada es de 629.9 mm (López-Hernández *et al.*, 2013). De acuerdo con las variables ambientales presentes, en la región favorece la descomposición y la disponibilidad de nutrientes.

FACTORES DEL SUELO INVOLUCRADOS EN LA DINÁMICA DE NUTRIENTES

Los factores principales que controlan la dinámica de los nutrientes se describen a continuación:

Factores físicos

Textura

La textura juega un papel importante en el proceso de degradación de la hojarasca y mineralización de nutrientes. Los suelos arenosos tienen mayor mineralización debido a la aireación del suelo. Por otro lado, la arcilla tiene alta capacidad de retención de humedad, por lo que puede afectar procesos microbianos de mineralización e inmovilización. (Monsalve, Gutiérrez y Cardona, 2017).

La textura que se presenta en el matorral espinoso tamaulipeco es limoarcilloso, de acuerdo al triángulo de textura de la USDA con arena: 17.8%, limo: 41.2% y arcilla: 41.0% (Yáñez-Díaz *et al.*, 2017).

Humedad del suelo

La humedad del suelo cumple una función importante en la descomposición de la hojarasca, al existir humedad los microorganismos se encuentran activos y realizan la descomposición y mineralización; sin embargo, en condiciones de desecación la mineralización es mínima e incluso provoca inmovilización de los nutrientes (Monsalve, Gutiérrez y Cardona, 2017).

Densidad aparente

La densidad aparente juega un papel importante en la mineralización de nutrientes, debido a que al presentarse suelos con mayor contenido de arcilla provoca que la retención de humedad sea más alta, disminuyendo el contenido de aire, lo que conlleva a la disminución de los microorganismos presentes en el suelo (Monsalve, Gutiérrez y Cardona, 2017). La densidad aparente en el matorral espinoso tamaulipeco es de 0.9 (g/cm³) (Yáñez-Díaz *et al.*, 2017), este valor indica que la densidad aparente es baja y no representa un valor crítico en las propiedades físicas del suelo.

Factores químicos

pH

Es un indicador de la disponibilidad de los nutrientes, cuando el suelo tiene un pH cercano a la neutralidad o alcalino ($\text{pH} \geq 6.5$) provoca que los nutrientes sean no disponibles por las plantas debido a la abundancia de iones OH^- provocando la precipitación de compuestos insolubles (Osorio, 2012). El valor de pH registrado en el MET es de 7.60 (Yáñez-Díaz *et al.*, 2017), el valor indica que el pH es ligeramente alcalino. La disponibilidad de nutrientes es alta para el MET a excepción del Fe, Mn y P, los cuales presentan menor disponibilidad de acuerdo al valor del pH.

PAPEL DE LOS MICROORGANISMOS EN LA DEGRADACIÓN DE LA HOJARASCA

Diversidad microbiana

Los microorganismos en el suelo juegan un papel importante en la retención y liberación de nutrientes en los ecosistemas forestales, la relación entre microorganismos y plantas puede ser tanto de mutualismo como de competencia (Gallardo *et al.*, 2009). Estos microorganismos se dividen en cinco categorías taxonómicas: algas, bacterias, hongos, protistas y virus. En el suelo están estrechamente asociados con las partículas, principalmente arcillas y materia orgánica, formando un microhábitat en el cual incluyen superficies interiores y exteriores de los agregados del suelo, por lo tanto, se puede afirmar que el suelo es heterogéneo con respecto a la distribución de los microorganismos (Giri *et al.*, 2005).

Estos microorganismos son de suma importancia debido a que juegan un papel en la descomposición y son considerados reservorios de nitrógeno, liberado con la muerte de los mismos (Celaya-Michel y Castellanos-Villegas, 2011). La diversidad de los microorganismos es más antigua que la existencia de las plantas y animales, por lo tanto, han tenido tiempo para evolucionar a diferentes formas (Giri *et al.*, 2005).

Los hongos son capaces de descomponer la mayor parte de materia orgánica (Hopkins y Dungait, 2010), se presentan en el suelo en diferentes formas y tamaños, al-

gunas especies forman colonias, mientras que otras son levaduras unicelulares. Las micorrizas son hongos que viven encima o en las raíces de las plantas, éstos incrementan la toma de agua y nutrientes (Crespo, 2013).

Las bacterias son organismos unicelulares y son los más numerosos en el suelo; uno de sus beneficios es que ayudan a las plantas a la toma de nutrientes. Los actinomicetos no son tan numerosos como las bacterias, tienen funciones importantes como descomponer la materia orgánica en humus y por tal motivo liberan nutrientes que son aprovechados por las plantas (Crespo, 2013).

Las algas son organismos que producen su propio alimento a través de la fotosíntesis, aparecen en el suelo después de las lluvias como una capa fina verde, la función principal es mejorar la estructura, aunque algunas especies, como las verdes azules, pueden fijar N que después liberan y puede ser absorbido por las plantas (Crespo, 2013). La actividad microbiana es pieza clave para el entendimiento de los procesos biológicos del suelo (Liu *et al.*, 2000), por lo que cambios en el suelo pueden afectar a la productividad de las plantas (Crespo, 2013).

BALANCE ENTRE MINERALIZACIÓN E INMOVILIZACIÓN MICROBIANA

Mineralización de nitrógeno

La mineralización del nitrógeno es el proceso por el cual el nitrógeno orgánico del suelo es convertido por los microorganismos en compuestos inorgánicos (nitrato y amonio). El amonio puede ser fijado por la materia orgánica o las partículas de arcilla del suelo, se volatiliza como amoníaco y es absorbido por las plantas o los microorganismos. Estos compuestos inorgánicos son tomados por los microorganismos, incorporándolos a su biomasa, y se le conoce como inmovilización (Celaya-Michel y Castellanos-Villegas, 2011). El proceso de mineralización es similar para el resto de los nutrientes.

Los microorganismos del suelo son de gran importancia para la descomposición y mineralización del nitrógeno (Celaya-Michel y Castellanos-Villegas, 2011).

Métodos para evaluar la mineralización

Los métodos para calcular la mineralización representan un indicador de la cantidad de nitrógeno orgánico que cambia a inorgánico en un tiempo determinado, por lo cual se realizan incubaciones de algunas muestras de suelo, permitiendo calcular el amonio y nitrato que se mineraliza después de un tiempo determinado. Para obtener la tasa neta de mineralización *in situ*, se utiliza el método de las bolsas de polietileno cubiertas en el sitio a evaluar, se agrega suelo y se sellan, permanecen en el sitio por un periodo con las mismas condiciones de temperatura. Las bolsas pueden sufrir alteraciones causadas por los insectos o las raíces de las plantas, lo que contribuye a la pérdida de mineralización del nitrógeno. Sin embargo, si la bolsa no sufre daños durante el periodo de evaluación, no existirá lixiviación de nutrientes (Giri *et al.*, 2005).

Inmovilización microbiana

La biomasa microbiana tiene la función de almacenamiento (inmovilización) y fuente (mineralización) de nutrientes, por lo que no sólo es utilizada como indicador de la calidad del suelo (Monsalve, Gutiérrez y Cardona, 2017). Se considera inmovilización a la absorción y asimilación microbiana de nutrientes que no son disponibles para las plantas (Taiz y Zeiger, 2002), al ocurrir la muerte de la biomasa microbiana se liberan los nutrientes que se encontraban inmovilizados.

IMPORTANCIA DE LA HOJARASCA EN LA DINÁMICA DE LOS NUTRIENTES

Los primeros estudios sobre la hojarasca se realizaron en la década de 1960, debido al papel que juega en la comprensión de los nutrientes. La hojarasca es la principal fuente de nutrientes y materia orgánica en la capa del humus del suelo en el matorral espinoso tamaulipeco (González-Rodríguez *et al.*, 2017). La hojarasca constituye la principal entrada de los nutrientes al suelo y es por ello que forma parte del punto clave del reciclado de nutrientes y materia orgánica (Gutiérrez-Vázquez *et al.*, 2012; Crespo, 2015). Los nutrientes más comunes en la hojarasca son N, P, K y Ca, y en la mayoría de los casos

el N es el nutriente más abundante (Gutiérrez-Vázquez *et al.*, 2012).

La hojarasca está compuesta por hojas, ramas, inflorescencias, frutos, entre otros, los cuales son depositados al suelo (Gutiérrez-Vázquez *et al.*, 2012; Crespo, 2015). La hojarasca, al caer al suelo, tiene una atribución importante en su formación (Triadiati *et al.*, 2011), gracias a la circulación de nutrientes y materia orgánica que ocurre con la descomposición (Kumar y Tewari, 2014).

La descomposición de la hojarasca se divide en cuatro etapas: trituración, el fraccionamiento de los tejidos; lixiviación, la pérdida de los compuestos más solubles mediante corrientes de agua; catabolismo (se incluye la mineralización y la humificación), la transformación que realizan los microorganismos de los compuestos orgánicos, es decir, transforman los nutrientes para que estén disponibles para las plantas y para la humificación, es la formación de la materia orgánica por los microorganismos (Álvarez-Sánchez, 2001). El ciclo de nutrientes y la descomposición de la hojarasca son procesos complejos que se dividen en tres pasos: descomposición, mineralización y humificación (Mishra y Kumar, 2016; Sánchez 2008).

IMPORTANCIA DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LA DINÁMICA DE LOS NUTRIENTES

La materia orgánica está conformada por componentes ricos en nitrógeno, carbono, fósforo y agua, principalmente, los cuales propician energía y nutrientes necesarios para el desarrollo y metabolismo de los microorganismos encargados de la descomposición (Ferrer-Cerato y Alarcón, 2001).

En la materia orgánica se encuentra la mayor cantidad de nitrógeno, pero no está disponible para las plantas y mediante el proceso de descomposición y mineralización el nitrógeno es transformado a compuestos inorgánicos que lo regresan disponible (Celaya-Michel y Castellanos-Villegas, 2011). La descomposición de la materia orgánica es un proceso que permite reciclar nutrientes (Shi, 2011) que no están disponibles para las plantas, esta tarea es llevada a cabo en su totalidad por los microorganismos que se encuentran en el suelo (Ce-

laya-Michel y Castellanos-Villegas, 2011). Durante el proceso de descomposición primero se libera la fracción lábil (azúcares y proteínas) y después la fracción recalcitrante, la cual es de lenta descomposición (ligninas y fenoles) (Sánchez *et al.*, 2008).

La calidad de la materia orgánica es importante debido al papel que desempeña en los procesos funcionales que se llevan a cabo en los ecosistemas forestales (López-Hernández *et al.*, 2013). La entrada de la materia orgánica al suelo está determinada por la caída de hojarasca, tanto producción como descomposición debido a que son piezas clave en el reciclado de nutrientes (Cantú-Silva 2013).

Algunas funciones que tiene la materia orgánica en el suelo se mencionan a continuación (García-Leaños, 2008):

- Es la fuente de crecimiento de las bacterias, las cuales liberan sustancias que ayudan en la formación de agregados para hacer más estable el suelo.
- Retiene minerales, lo que reduce su arrastre y pérdida.
- Reduce la erosión causada por la lluvia.
- Incrementa la penetración de las raíces.
- Regula la temperatura y humedad del suelo.

IMPORTANCIA DE LOS NUTRIENTES EN EL SUELO

Los nutrientes son elementos que se derivan del suelo y son esenciales para las plantas, de acuerdo a su concentración y a los requerimientos necesarios para el crecimiento de las mismas. Las plantas requieren 17 elementos esenciales, los cuales se dividen en macronutrientes y micronutrientes. Cada nutriente tiene funciones específicas en las plantas (Cogger y Brown, 2016; Kyrkby y Römheld, 2007). La absorción de nutrientes por las plantas está inicialmente limitada por las tasas de descomposición y de mineralización, la solubilidad mineral, la capacidad de intercambio catiónico y la competitividad de los microorganismos (Bosco-Imbert, Blanco y Castillo, 2004). Se estima que durante la descomposición de la hojarasca la cantidad de nutrientes liberados equivalen a 70-90% del total de los requeridos por las plantas (Sánchez *et al.*, 2008).

Macronutrientes

Los macronutrientes son requeridos en grandes cantidades por las plantas, de ahí su nombre. Los nueve principales nutrientes son: nitrógeno, carbono, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre (Cogger y Brown, 2016; Kyrkby y Römheld, 2007), hidrógeno y oxígeno (Rodríguez y Flórez, 2004).

Micronutrientes

Los micronutrientes son requeridos en cantidades menores; asimismo, son considerados elementos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los micronutrientes son: hierro, manganeso, boro, zinc, cobre, molibdeno, cloro (Cogger y Brown, 2016; Kyrkby y Römheld, 2007), níquel (Rodríguez y Flórez, 2004).

PRINCIPALES CICLOS DE NUTRIENTES

Ciclo del nitrógeno

El nitrógeno es un elemento esencial requerido para la degradación de la materia orgánica y el crecimiento microbiano. Si la materia orgánica tiene alto contenido de nitrógeno, los microorganismos tienen suficiente sustrato para inducir mayor mineralización, satisfaciendo totalmente sus necesidades de N, es por ello que no representa un factor limitante. Por otro lado, si el contenido de N es bajo, la descomposición de la materia orgánica disminuye drásticamente y la mineralización de carbono orgánico dependerá de las fuentes nitrogenadas (Ferrera-Cerato y Alarcón, 2001).

El ciclo del nitrógeno es de suma importancia pues mediante éste los nutrientes son liberados y adquiridos por la materia orgánica (Cogger y Brown, 2016), se incluyen cuatro procesos: fijación del nitrógeno, mineralización, nitrificación y desnitrificación (Mao, Yannarell y Mackie, 2011). Este elemento puede ser absorbido por las raíces en tres formas: como N orgánico, amonio o nitrato. La mineralización y nitrificación en el suelo son procesos lentos, por lo que suelen predominar las formas orgánicas y reducidas, disminuyendo la abundancia en el suelo en el sentido: N orgánico soluble > amonio > nitrato (Escudero y Mediavilla, 2003).

Ciclo del carbono

La descomposición de la hojarasca es importante en el ciclo del carbono (Zhang *et al.*, 2008; De Paz *et al.*, 2017). El carbono desempeña un papel central en el control del reciclaje del nitrógeno (Cantú-Silva y Yáñez-Díaz, 2018).

Para conocer la velocidad con que la materia orgánica se mineraliza, se utiliza la relación entre carbono y nitrógeno, la cual indica la tasa de nitrógeno disponible para las plantas, por tal motivo, al obtener valores de 10 a 14 corresponden a una mineralización rápida, lo que favorece a que los microorganismos y las plantas cuenten con los nutrientes suficientes (Gamarra-Lezcano *et al.*, 2017).

Por tal motivo los valores altos de la relación carbono y nitrógeno indican que la hojarasca se descompone más lento, a diferencia de valores bajos en los que la degradación es más rápida, debido principalmente la calidad de la hojarasca (Álvarez-Sánchez, 2001).

El C orgánico del suelo resulta del balance entre la incorporación del material orgánico al suelo y la salida del C del suelo en forma de CO_2 a la atmósfera, es emitido desde el suelo a la atmósfera, pero no sólo es producido por la mineralización de la materia orgánica, sino que es generado también por el metabolismo de las raíces de las plantas (Martínez, Fuentes y Acevedo, 2008).

Ciclo del azufre

El azufre es un elemento necesario para las plantas en menor proporción que el N, pero es tan importante como el ya mencionado, el proceso de asimilación ocurre al pasar de las formas oxidadas a reducidas del azufre, este cambio de oxidación del azufre es una actividad realizada en su mayoría por los microorganismos del suelo. El azufre se encuentra en la atmósfera como dióxido de azufre (SO_2), por lo que no se encuentra disponible para las plantas, es por ello que en el ciclo del azufre se convierte en sulfato de azufre (SO_4^{2-}), que es absorbido por las raíces de las plantas e incorporado al aminoácido cisteína (Benavides, 1998).

Ciclo del fósforo

El fósforo es un elemento que proviene de las apatitas (fosfato de calcio natural más abundante en la superficie terrestre, es por ello que son consideradas la principal fuente de fósforo) (Fernigrini, Cámara y Oliva, 2008). El fosfato es liberado mediante los procesos de lixiviación, meteoriza-

ción y erosión. Es absorbido por las plantas y los microorganismos del suelo, por lo que es incorporado en la materia orgánica y sedimentos, para depositarse nuevamente en forma de mineral no disponible para la asimilación. El fósforo inorgánico (H_2PO_4^- y HPO_4^{2-}) por lo general es fijado fuertemente en forma de fosfatos de Mg^{2+} , Ca^{2+} , Al^{3+} y Fe^{2+} . La mineralización de los compuestos orgánicos (ácidos nucleicos, fosfolípidos y ésteres) del fósforo permite el reciclaje del elemento para que regrese al suelo y permita formar parte del ciclo. A diferencia del ciclo del nitrógeno, el ciclo del fósforo no incluye cambios en los compuestos inorgánicos, es tomado del suelo por las plantas y retorna a través de los residuos vegetales y animales (Cerón-Rincón y Aristizábal-Gutiérrez, 2012).

Ciclo del potasio

El potasio es un elemento esencial, por lo que las plantas necesitan cantidades elevadas similares al nitrógeno, se obtiene del suelo y proviene de la meteorización de minerales, mineralización de los residuos orgánicos y en algunos casos de los abonos o fertilizantes. Los compuestos de arcilla son la principal fuente de potasio en el suelo. Se encuentra disponible en la solución del suelo, por lo que es absorbido por las plantas de manera inmediata. El ciclo del potasio en el suelo consiste en la adsorción y desorción de potasio intercambiable de la solución del suelo, el cual es fijado o liberado en las arcillas y se cristaliza o meteoriza en potasio estructural (Conti, 2002).

El potasio de la materia orgánica pasa a la solución del suelo, asimismo, se pueden aplicar fertilizantes de potasio. Las pérdidas de potasio en la solución del suelo se presentan con la erosión del suelo y el potasio lixiviado (Conti, 2002).

FUNCIONES DE LOS NUTRIENTES

Las funciones de los macro y micronutrientes en las plantas se ilustran en la siguiente tabla:

Tabla I. Funciones principales de macro y micronutrientes y la forma disponible de asimilación por las plantas entre paréntesis (Taiz y Zeiger, 2002; Salisbury y Ross, 1985).

Elemento	Función principal
H (H ₂ O)	Constituyente principal de la materia orgánica.
C (CO ₂)	Constituyente principal de la materia orgánica.
O (O ₂ , H ₂ O)	Constituyente principal de la materia orgánica.
N (NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺)	Constituyente de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos y clorofila.
K (K ⁺)	Regula la presión osmótica y activa diferentes enzimas.
Ca (Ca ²⁺)	Requerido como cofactor por algunas enzimas involucradas en la hidrólisis de ATP y fosfolípidos.
Mg (Mg ²⁺)	Requerido por muchas enzimas involucradas en la transferencia de fosfato. Constituyente de la molécula de clorofila.
P (H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ²⁻)	El componente de los fosfatos de azúcar, ácidos nucleicos, nucleótidos, coenzimas, fosfolípidos, etc. Tiene un papel clave en las reacciones que involucran ATP.
S (SO ₄ ²⁻)	Componente de cisteína, metionina y de algunas vitaminas.
Mo (MoO ₄ ²⁻)	Constituyente de nitrogenasa y nitrato reductasa.
Cu (Cu ⁺ , Cu ²⁺)	Presente en proteínas o enzimas involucradas en reacciones de óxido-reducción.
Zn (Zn ²⁺)	Requerido para la síntesis de la hormona del crecimiento, auxina.
Mn (Mn ²⁺)	Papel estructural en la membrana de los cloroplastos.
B (H ₃ BO ₃)	Implicado en la elongación celular y el metabolismo de los ácidos nucleicos.
Fe (Fe ³⁺ , Fe ²⁺)	Forma parte esencial de diversas enzimas, contribuye al transporte de electrones.
Cl (Cl ⁻)	Estimula el rompimiento del H ₂ O durante la fotosíntesis.
Ni (Ni ²⁺)	Constituyente de ureasa. En bacterias fijadoras de N ₂ , constituyente de hidrogenasas.

ISÓTOPOS EN EL CICLO DE NUTRIENTES

Los isótopos estables son los elementos con el mismo número atómico, pero diferente peso atómico. Se utilizan para estudiar los efectos del uso del suelo sobre las características de los ecosistemas (Boutton, Archer y Midwood, 1999). Se tienen estudios con isótopos estables de H, C, N, O y S en el sur de Texas y de ahí su importancia en los ecosistemas para registrar cambios de vegetación de pastos a bosques.

DISCUSIÓN

Con base en la bibliografía consultada sobre la importancia del ciclo de nutrientes y el papel que juega la hojarasca como la principal entrada de nutrientes en el suelo, resulta evidente la importancia de los microrrganismos, los cuales cumplen una función importante para degradar la hojarasca y liberar nutrientes que son aprovechados por las plantas. Existen diversos estudios relacionados al aporte de nutrientes en el ecosistema del matorral espinoso tamaulipeco.

El suelo forma parte del reservorio de carbono, el cual funciona como sumidero de CO₂, en este sentido, Cantú y Yáñez (2018) evaluaron el contenido de carbono orgánico del suelo, nitrógeno total y se estimó la relación de C/N en dos profundidades de 0-5 y 5-30 cm, siendo la primera en la que se presentó mayor cantidad de los contenidos de carbono orgánico, nitrógeno total y relación de C/N (Cantú-Silva y Yáñez-Díaz, 2018). Asimismo, Yáñez *et al.* (2017) estudiaron las variaciones diurnas y estacionales en el flujo del CO₂ en vertisoles bajo cuatro sistemas de uso de suelo, obteniendo que en el sistema de matorral se registró el valor más alto de respiración con 6.17 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ por la mañana y 8.4 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ por la tarde, que indica la emisión de CO₂, lo que podría afectar el balance del carbono (Yáñez-Díaz *et al.*, 2017). El contenido de carbono en especies arbóreas y arbustivas en diferentes componentes de la biomasa fue evaluado por Yerena *et al.* (2012), quienes encontraron valores de 48.14% en hojas, 45.93% en tallos, 45.73% en ramas, 45.70% en ramillas y 42.08% en corteza (Yerena-Yamalle *et al.*, 2012).

Con la finalidad de conocer el aporte de nutrientes que se obtiene en la producción de la hojarasca, López *et al.* (2013) analizaron durante un año la producción de hojarasca y el aporte de macro y micronutrientes, los resultados indicaron que en invierno se depositó la mayor cantidad de producción foliar y, asimismo, el aporte de nutrientes (López-Hernández *et al.*, 2013). Del mismo modo, López *et al.* (2015) evaluaron la producción de hojarasca y depósito potencial de nutrientes en el componente hojas, el depósito de nutrientes fue más alto en otoño e invierno (López-Hernández *et al.*, 2015).

Mientras que Cantú *et al.* (2013) determinaron el retorno potencial de nutrientes por los componentes secundarios de la hojarasca; las estructuras reproductivas son el componente de mayor importancia en el depósito de nutrientes, además encontraron diferencias entre los sitios de estudio, las cuales se deben principalmente a la composición de la vegetación, la calidad de hojarasca, las condiciones edáficas y las variables climáticas (Cantú-Silva 2013).

ESTUDIOS DE NUTRIENTES EN EL MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO (MET)

A continuación, se describen algunos estudios relacionados al aporte de nutrientes en el MET:

Tabla II. Estudios relacionados al aporte de nutrientes en el MET.

Autor	Año	Investigación	Aporte de nutrientes
Cantú-Silva y Yáñez-Díaz	2018	Efecto del cambio de uso del suelo en el contenido de carbono orgánico y nitrógeno en Campus FCF.	Profundidad de 0-5 cm: C orgánico (4.06%), nitrógeno total (0.43%) y Relación C/N (9.59) Profundidad de 5-30 cm: C orgánico (1.97%), nitrógeno total (0.42%) y relación C/N (5.58)
Yáñez-Díaz <i>et al.</i>	2017	Respiración del suelo en cuatro sistemas de uso suelo de la tierra en Campus FCF.	El sistema de matorral presentó el valor más alto con 6.17 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ por la mañana y 8.4 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ por la tarde
González-Rodríguez <i>et al.</i>	2017	Deposición de hojarasca y nutrientes en hojas y ramas en Campus FCF.	Hojas: Ca (14.3)>K (2.8)>Mg (1.5)>P (0.2) g m^{-2} Fe (115.5)>Mn (13.4)>Zn (6.8)>Cu (2.4) mg m^{-2} Ramas: Ca (2.7)>Mg (0.4)>K (0.1)>P (0.1) g m^{-2} Fe (22.9)>Zn (2.8)>Mn (2.7)>Cu (0.8) mg m^{-2}
López-Hernández <i>et al.</i>	2015	Producción de hojarasca y depósito de nutrientes en China, Los Ramones y Campus FCF.	Ca (99.5)>N (7.1)>K (5.5)>Mg (1.9)>P (0.2) $\text{g m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ Fe (66)>Mn (13.46)>Zn (8.03)>Cu (2.4) $\text{mg m}^{-2} \text{ a}^{-1}$
Cantú-Silva	2013	Retorno potencial de nutrimentos por componentes secundarios de la hojarasca en Crucitas Campus FCF y el Cascajoso.	Hojas: Ca (181.83)>K (31.6)>Mg (18)>P (3.8) $\text{kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ Fe (7.43)>Mn (5.2)>Zn (0.96)>Cu (0.33) $\text{g ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ Componentes secundarios: Ca (154.2)>Mg (7.03)>K (1.56)>P (0.93) $\text{kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ Fe (235.16)>Mn (69.26)>Zn (33)>Cu (9.8) $\text{g ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ Suelo: Ca (7206.43)>N (3654.36)>Mg (208.3)>K (183.96)>P (8.23) mg kg^{-1} Mn (34.59)>Fe (5.60)>Zn (1.81)>Cu (0.71) mg kg^{-1}
López-Hernández <i>et al.</i>	2013	Producción de hojarasca y retorno potencial de nutrientes en China, Los Ramones y Campus FCF.	Hojas: Ca (5.38)>N (4.47)>K (2.57)>Mg (1.24)>P (0.08) $\text{g m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ Fe (17.25)>Mn (8.07)>Zn (4.43)>Cu (1.62) $\text{mg m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ Suelo: Ca (9121)>N (1681)>Mg (240)>K (229) mg/kg Mn (6.0)>Fe (3.5)>Cu (0.3)>Zn (0.2) mg/kg
Marmolejo-Moncivais, Cantú-Ayala y Gutiérrez-Suárez	2013	Degradación de la hojarasca en sitios con vegetación primaria y secundaria del matorral espinoso tamaulipeco.	Porcentaje de degradación: sitio 1 (25.92), sitio 2 (24.58), sitio 3 (26.16) y sitio 4 (26.51) Tasa de descomposición (k): sitio 1 (-0.42), sitio 2 (-0.43), sitio 3 (-0.47) y sitio 4 (-0.50). La tasa de degradación fue ligeramente mayor en la vegetación primaria
Yerena-Yamallel <i>et al.</i>	2012	Contenido de carbono total en especies arbóreas y arbustivas en el matorral espinoso tamaulipeco.	Contenido de carbono total en los componentes de la biomasa de mayor a menor: hojas (48.14%), tallos (45.93), ramas (45.73%), ramillas (45.70%) y corteza (42.08%)
Creamer <i>et al.</i>	2011	Controles sobre la acumulación de carbono en el suelo durante la invasión de plantas leñosas: respiración del suelo y $\delta^{13}\text{C}$ de CO_2 respirado.	La mineralización del carbono orgánico del suelo (COS) es mayor en rodales con árboles más viejos (34-86 años) que en árboles jóvenes (14-23 años) y pastizales. Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de CO_2 respirado indican que el COS mineralizado es predominante en los rodales leñosos
Boulton, Archer y Midwood	1999	Isótopos estables en ecosistemas del sur de Texas, utilizando $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^2\text{H}$ y $\delta^{18}\text{O}$, con la finalidad de identificar cambios de vegetación.	Aproximadamente 50-90% del carbono del suelo en la vegetación se deriva de los pastos en los últimos 40-120 años

Por otro lado, la importancia de la tasa de descomposición es de suma importancia y es por ello que Marmolejo *et al.* (2013) realizaron un estudio para identificar la tasa de descomposición de la hojarasca en cuatro sitios con vegetación primaria y secundaria, los resultados indicaron que la tasa de degradación fue mayor en la vegetación primaria (Marmolejo-Moncivais, Cantú-Ayala y Gutiérrez-Suárez, 2013).

Los microorganismos son importantes en el proceso de mineralización de nutrientes, ante ello Celaya y Caste-

llanos (2011) evaluaron la tasa de mineralización del nitrógeno, un indicador de la disponibilidad del nitrógeno en zonas áridas y semiáridas, en el cual concluyeron que, debido a la poca vegetación, la mineralización se presenta de manera heterogénea causada por las condiciones del microclima y el aporte de materia orgánica, por tal razón los valores de mineralización son mayores bajo el dosel de árboles y arbustos, principalmente en leguminosas (Celaya-Michel y Castellanos-Villegas, 2011). Es viable conocer la tasa de mineralización de los nutrientes, por ejemplo,

el nitrógeno, empleando la metodología recomendada por Celaya y Castellanos.

Diversos estudios señalan que las condiciones ambientales influyen en la descomposición de la hojarasca debido a que inhiben o favorecen la presencia de microorganismos en el suelo, Bradford *et al.* (2016) mencionan que desde hace tiempo se ha considerado el clima como el principal factor que controla la descomposición, pero indican que los rasgos propios de la hojarasca pueden predominar en la descomposición, por lo que proponen realizar estudios más precisos para identificar cuáles son los principales factores que la controlan (Bradford *et al.*, 2016).

Con respecto al uso de isótopos, Boutton *et al.* (1999) evaluaron ecosistemas del sur de Texas, utilizando isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^2\text{H}$ y $\delta^{18}\text{O}$, con la finalidad de identificar cambios de vegetación, y encontraron que durante los últimos 40-120 años se presentó un cambio de vegetación de pastos a bosques, por lo que afirman que cerca de 50-90% del carbono del suelo se deriva de los pastos (Boutton, Archer y Midwood, 1999). Asimismo, Creamer *et al.* (2011) cuantificaron controles sobre la acumulación de carbono en el suelo durante la invasión de plantas leñosas: respiración del suelo y $\delta^{13}\text{C}$ de CO_2 respirado, en el cual utilizaron fracción del suelo para investigar la degradación microbiana de la materia orgánica, para identificar por qué la mineralización del carbono orgánico (COS) es mayor en rodales con árboles más viejos. Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de CO_2 respirado indican que el COS mineralizado es predominante en los rodales leñosos debido a la fracción de luz (Creamer *et al.*, 2011).

CONCLUSIONES

La disponibilidad de nutrientes afecta las relaciones entre suelo-planta, depende principalmente de las condiciones climáticas, la composición de la vegetación y los microorganismos del suelo.

Con la finalidad de conocer el aporte de nutrientes al suelo mediante la cuantificación de la producción de la hojarasca y la tasa de velocidad de degradación se ha logrado entender la dinámica de los nutrientes.

Se recomienda estudiar ampliamente los organismos que habitan en el suelo, debido a que los estudios son limitados, de igual manera son piezas clave en la descomposición de la hojarasca por la importancia que tienen de mineralizar e inmovilizar los nutrientes.

Existen diversos estudios relacionados con la acumulación y descomposición de la hojarasca en diferentes ecosistemas, pero desafortunadamente en el matorral espinoso tamaulipeco existen pocos trabajos que relacionen a los microorganismos y las variables climáticas en el proceso de descomposición y liberación de nutrientes.

Por lo tanto, se sugiere realizar investigaciones en las cuales se determinen las tasas de descomposición, mineralización, disponibilidad de nutrientes, enfocados a las características físicas y químicas del suelo, variables ambientales y microorganismos en el suelo, por lo que serán de gran utilidad en el matorral espinoso tamaulipeco.

El conocimiento integral de todos estos factores involucrados en la descomposición de la hojarasca permitirá entender la dinámica de los nutrientes, uno de los procesos más importantes en el ecosistema. Es de suma importancia conocer lo que sucede en los ecosistemas para poder tomar decisiones acertadamente y no poner en riesgo los recursos naturales.

REFERENCIAS

- Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Aguirre-Calderón, O., *et al.* (2008). Efecto del uso del suelo en la fitodiversidad del matorral espinoso tamaulipeco. *Revista Ciencia UANL*. 11(1): 56-62.
- Álvarez-Sánchez, J. (2001). Descomposición y ciclo de nutrientes en ecosistemas terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana*. 1: 11-nos27.
- Benavides, A. (1998). *El azufre de las plantas*. Departamento de Horticultura. UAAAN.
- Bosco-Imbert, J., Blanco, J.A., y Castillo, J.F. (2004). Gestión forestal y ciclos de nutrientes en el marco del cambio global. En: Valladares, F. *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. 479-506.
- Boutton, T.W., Archer, S.R., y Midwood, A.J. (1999). Stable isotopes in ecosystem science: structure, function and dynamics of subtropical savanna. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*. 13: 1263-1277.
- Bradford, M.A., Berg, B., Maynard, D.S., *et al.* (2016). Understanding the dominant controls on litter decomposition. *Journal of Ecology*. 104: 229-238.
- Cantú-Silva, I., Sánchez-Castillo, L.R.M., González-Rodríguez, H., *et al.* (2013). Retorno potencial de nutrimentos por componentes secundarios de la hojarasca en comunidades vegetales de Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 4(17): 138-155.

- Cantú-Silva, I., y Yáñez-Díaz, M.I. (2018). Efecto del cambio de uso de suelo en el contenido del carbono orgánico y nitrógeno del suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 9(45): 122-151.
- Carnevele, N.J., y Lewis, J.P. (2009). Leaf litter quality and litter decomposition of woody species in a seasonal subtropical forest (Argentina). *Ecotrópica*. 15: 23-33.
- Celentano, D., Zahawi, R.A., Finegan, B., et al. (2011). Restauración ecológica de bosques tropicales en Costa Rica: efecto de varios modelos en la producción, acumulación y descomposición de hojarasca. *Revista de Biología Tropical*. 59(3): 1323-1336.
- Celaya-Michel, H., y Castellanos-Villegas, A.E. (2011). Mineralización de nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas. *Terra Latinoamericana*. 29(3): 343-356.
- Cerón-Rincón, L.E., y Aristizábal-Gutiérrez, F.A. (2012). Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 14(1): 285-295.
- Cogger, C., y Brown, S. (2016). Soil formation and nutrient cycling. *Sowing Seeds in the City. Springer Netherlands*. 25-52. DOI 10.1007/978-94-017-7453-6_2.
- Conti, M.E. (2002). *Dinámica de la liberación y fijación de potasio en el suelo*. Universidad de Buenos Aires, 14 pp.
- Creamer, C.A., Filley, T.R., Boutton, T.W., et al. (2011). Control soil carbon accumulation during woody plant encroachment: Evidence from physical fractionation, soil respiration, and $\delta^{13}C$ of respired CO₂. *Soil Biology & Biochemistry*. 43: 1678-1687.
- Crespo, G. (2013). Funciones de los organismos del suelo en el ecosistema de pastizal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 47(4): 329-334.
- Crespo, G. (2015). Factores que influyen en el reciclaje de nutrientes en pastizales permanentes, avances en el desarrollo de su modelación. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 49(1): 1-10.
- De Paz, M., Gobbi, M.E., Raffaele, E., et al. (2017). Litter decomposition of woody species in shrublands of NW Patagonia: how much do functional groups and microsite conditions influence decomposition? *Plant Ecology*. 218: 699-710.
- Escudero, A., y Mediavilla, S. (2003). Dinámica interna de los nutrientes. *Ecosistemas*. 12(1): 1-8.
- Fernández, R.D., y Aragón, R. (2014). Descomposición de hojarasca de las especies leñosas nativas y exóticas más abundantes del pedemonte de las Yungas, Tucumán, Argentina. *Ecología Austral*. 24: 286-293.
- Fernigrini, P., Cámara, O.R., y Oliva, F.Y. (2008). Síntesis y caracterización de distintas apatitas. Su utilización como biomaterial. *2do Encuentro de Jóvenes Investigadores en Ciencia y Tecnología de Materiales*. 5 pp.
- Ferrera-Cerato, R., y Alarcón, A. (2001). La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. *Ciencia Ergo Sum*. 8(2): 175-183.
- Fuentes-Molina, N., y Rodríguez-Barrios, J.A. (2012). Eficiencia en el retorno potencial de nutrientes vía hojarasca de un bosque tropical de ribera. Sierra Nevada de Santa Marta-Colombia. *Acta Biológica Colombiana*. 17(1): 51-66.
- Gallardo, A., Covelo, F., Morillas, L. et al. (2009). Ciclos de nutrientes y procesos edáficos en los ecosistemas terrestres: especificidades del caso mediterráneo y sus implicaciones para las relaciones suelo-planta. *Ecosistemas*. 18(2): 4-19.
- Gallardo, A., y Pino, J. (1988). Importancia del medio físico en la descomposición de la hoja de especies arbóreas. *Lagasca*. 15: 541-547.
- Gama-Rodrigues, A.C. (2011). Soil organic matter, nutrient cycling and biological dinitrogen-fixation in agroforestry systems. *Agroforestry Systems*. 81: 191-193.
- Gamarra-Lezcano, C.C., Díaz-Lezcano, M.I., Vera-de Ortiz, M., et al. (2017). Relación carbón-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 9(46): 4-26.
- García, Y., Ramírez, W., y Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes*. 35(2): 125-138.
- García-Leaños, M.L. (2008). Materia orgánica: la sangre de la Tierra. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)*. 1-6.
- Gaspar-Santos, E.S., González-Espinosa, M., Ramírez-Marcial, N., et al. (2015). Acumulación y descomposición de hojarasca en bosques secundarios del sur de la Sierra Madre de Chiapas, México. *Bosque*. 36(3): 467-480.
- Giri, B., Giang, P.H., Kumari, R., et al. (2005). Microbial Diversity in Soils. In: Buscot, F. and Varma, A. (eds.) *Soil Biology: Microorganisms in Soils: Roles in Genesis and Functions*. 3: 19-55.
- González-Rodríguez, H., Domínguez-Gómez, T.G., Cantú-Silva, I., et al. (2011). Litterfall deposition and leaf litter nutrient return in different locations at Northeastern Mexico. *Plant Ecology*. 212: 1747-1757.
- González-Rodríguez, H., Ramírez-Lozano, R.G., Cantú-Silva, I., et al. (2017). Deposition of litter and nutrients in leaves and twigs in different plant communities of northeastern Mexico. *Journal of Forest Research*. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11676-017-0553-x>.
- Gutiérrez-Vázquez, M.H., Méndez-González, J., Flores-López, C., et al. (2012). Caída de hojarasca en plantaciones de *Pinus greggii* Engelm. y *Pinus cembroides* Zucc., en Coahuila, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 35(2): 123-133.
- Hopkins, D., y Dungait, J.A.J. (2010). In: Dixon, G.R., y Tilston, E.L. (eds.) *Soil Microbiology and Sustainable Crop Production*, Springer Science + Business Media B.V., 59-80.
- Kumar, S., y Tewari, L.M. (2014). Pattern of litter fall and litter decomposition in a *Quercus leucotrichophora* A. Camus forest in Kumaun Himalaya. *International Journal of Biodiversity and Conservation*. 6(1): 108-114.

- Kyrkby, E., y Römheld, V. (2007). *Micronutrients in plants physiology: functions, uptake and mobility*. Proceedings 543. The International Fertilizer Society.
- Li, X., Hu, Y., Han, S., *et al.* (2010). Litterfall and litter chemistry change over time in an old-growth temperate forest, northeastern China. *Annals of Forest Science*. 67: 206-213.
- Liu, X., Lindemann, W., Whitford, W., *et al.* (2000). Microbial diversity and activity of disturbed soil in the northern Chihuahuan Desert. *Biology and Fertility of Soils*. 32: 243-249.
- López-Hernández, J.M., González-Rodríguez, H., Ramírez-Lozano, R.G., *et al.* (2013). Producción de hojarasca y retorno potencial de nutrientes en tres sitios del estado de Nuevo León, México. *Polibotánica*. 35: 41-64.
- López-Hernández, J.M., González-Rodríguez, H., Ramírez-Lozano, R.G., *et al.* (2015). Producción de hojarasca y depósito potencial de nutrientes de las hojas en el matorral espinoso tamaulipeco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 6(30): 74-89.
- Mao, Y., Yannarell, A., y Mackie, R. (2011). Changes in N-transforming archaea and bacteria in soil during the establishment of bioenergy crops. *PLoS ONE*. 6(9): 1-12.
- Marmolejo-Moncivais, J.G., Cantú-Ayala, C.M., y Gutiérrez-Suárez, M.A. (2013). Degradación de la hojarasca en sitios con vegetación primaria y secundaria del matorral espinoso tamaulipeco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 4(17): 174-181.
- Martínez, H.E., Fuentes, E.J.P., y Acevedo, H.E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*. 8(1): 68-96.
- Mishra, G., y Kumar, R. (2016). Plant litter decomposition: drivers insight to the ecological process. *European Journal of Biological Research*. 6(3): 176-185.
- Monsalve, C.O.I., Gutiérrez, D.J.S., y Cardona, W.A. (2017). Factores que intervienen en el proceso de mineralización de nitrógeno cuando son aplicadas enmiendas orgánicas al suelo. Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 11(1): 200-209.
- Osorio, N.W. (2012). pH del suelo y disponibilidad de nutrientes. *Manejo Integral del Suelo y Nutrición Vegetal*. 1(4): 1-4.
- Pérez-Suárez, M., Arredondo-Moreno, J.T., y Huber-Sannwald, E. (2012). Early stage of single and mixed leaf-litter decomposition in semiarid forest pine-oak: the role of rainfall and microsite. *Biogeochemistry*. 108: 245-258.
- Rawat, N., Nautiyal, B.P., y Nautiyal, M.C. (2009). Litter production pattern and nutrients discharge from decomposing litter in an Himalayan alpine ecosystem. *New York Science Journal*. 2(6): 54-67.
- Rodríguez, S.M., y Flórez, R.V.J. (2004). Elementos esenciales y beneficiosos. *Tecnologías y Programación en Agroplasticultura*. 25-36.
- Salete-Capellesso, E., Luana-Scrovonski, K., Zanin, E.M., *et al.* (2016). Effects of forest structure on litter production, soil chemical composition and litter-soil interactions. *Acta Botanica Brasílica*. 1-7.
- Salisbury, F.B., y Ross, C.W. (1985). *Plant Physiology*. Belmont (CA):Wadsworth Publishing Company, 96-113.
- Sánchez, S., Crespo, G., Hernández, M., *et al.* (2008). Factores bióticos y abióticos que influyen en la descomposición de la hojarasca en pastizales. *Pastos y Forrajes*. 31(2): 99-118.
- Shi, W. (2011). Agricultural and Ecological significance of soil enzymes: soil carbon sequestration and nutrient cycling. In: Shukla, G. and Varma, A. (eds.). *Soil Enzymology, Soil Biology* 22, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 43-60.
- Swift, M.J., y Anderson, J.M. (1989). Decomposition. En: Lieh, H., Werger, M.J.A. (Eds.): *Tropical Rain Forest Ecosystems. Biogeographical and Ecological Studies* Elsevier. New York, U.S.A. 547-567.
- Taiz, L., y Zeiger, E. (2002). *Plant physiology*. The Benjamin/Cummings Publishing Company. California. 67-86.
- Triadiati, S., Tjitrosemito, E., Guhardja, E., *et al.* (2011). Litterfall production and leaf-litter decomposition at natural forest and cacao agroforestry in Central Sulawesi, Indonesia. *Asian Journal of Biological Sciences*. 4(3): 221-234.
- Yáñez-Díaz, M.I., Cantú-Silva, I., González-Rodríguez, H., *et al.* (2017). Respiración del suelo en cuatro sistemas de uso de la tierra. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 8(42): 123-149.
- Yerena-Yamallel, J.I., Jiménez-Pérez, J., Aguirre-Calderón, O.A., *et al.* (2012). Contenido de carbono total en los componentes de especies arbóreas y arbustivas en áreas con diferente uso, en el matorral espinoso tamaulipeco, en México. *Bosque*. 33(2): 145-152.
- Wang, Q., Wang, S., y Huang, Y. (2008). Comparisons of litterfall, litter decomposition and nutrient return in a monoculture *Cunninghamia lanceolata* and a mixed stand in southern China. *Forest Ecology and Management*. 255: 1210-1218.
- Zhang, D., Hui, D., Lou, Y., *et al.* (2008). Rates of litter decomposition in terrestrial ecosystems: global patterns and controlling factors. *Journal of Plant Ecology*. 1(2): 85-93.

Recibido: 01/03/2019

Aceptado: 07/06/2019



Evaluación de carbono almacenado en una plantación de teca (*Tectona grandis* L. f.) en Tizimín, Yucatán, México

Dora Alicia García García*, Javier Jiménez Pérez*, José Israel Yarena Yamalle*, Óscar Alberto Aguirre Calderón*, Eduardo Alanís Rodríguez*

DOI: / <https://doi.org/10.29105/cienciauanl22.97-2>

RESUMEN

El carbono se acumula en los ecosistemas forestales mediante la absorción de CO₂ atmosférico y su asimilación en la biomasa. El objetivo del estudio fue evaluar el carbono almacenado en una plantación de *Tectona grandis* L. f. (teca) de seis años de edad en Tizimín, Yucatán. La toma de datos de campo se realizó en 2017. Para cuantificar el carbono y el bióxido de carbono se efectuó muestreo destructivo en 12 árboles representativos. El carbono almacenado fue de 40.08 ton/ha, y el CO₂ almacenado fue de 147.1 ton/ha. Las plantaciones forestales contribuyen a mitigar el calentamiento global al absorber el CO₂.

Palabras clave: biometría forestal, cambio climático, servicios ambientales, plantaciones forestales, *Tectona grandis*.

ABSTRACT

Carbon accumulates in forest ecosystems through the absorption of atmospheric CO₂ and its assimilation into biomass. The objective of this study was to evaluate the carbon stored in a six-year-old teak plantation in Tizimín, Yucatán. The field data collection was carried out in 2017. To quantify carbon and carbon dioxide, destructive sampling was performed on 12 representative trees. The carbon stored was 40.08 ton/ha, and the CO₂ stored was 147.100 ton/ha. Forest plantations contribute to mitigating global warming by absorbing CO₂.

Keywords: forest biometry, climate change, environmental services, forest plantations, Tectona grandis.

El rol activo e importante que juegan la vegetación y el suelo en el ciclo global del carbono y el cambio climático es reconocido internacionalmente. Éstos pueden actuar como una fuente y a la vez sumidero neto de gases de efecto invernadero (GEI) (Winrock International, 2014). El efecto invernadero que los GEI producen causa el calentamiento de la Tierra. Este fenómeno se denomina calentamiento global (Isaza y Campos, 2007). El bióxido de carbono (CO₂) es el gas más importante de los GEI y representa 60% del total de los cambios en las concentraciones de todos ellos. El carbono se almacena tanto en la biomasa viva (madera en pie, ramas, follaje y raíces) como en la biomasa muerta (hojarasca, restos de madera, materia orgánica del suelo y productos forestales) (FAO, 2001). El proceso de retención de carbono en los sistemas vegetales se refiere a la capacidad que poseen las plantas de tomar el bióxido de carbono atmosférico, combinarlo con la radiación lumínica y el agua, transformándolo en

moléculas de carbono durante la fotosíntesis (Perry, 1994). La fijación de carbono a través de plantaciones forestales de rápido crecimiento es una alternativa para mitigar el incremento de bióxido de carbono atmosférico (Brown, 2002). El objetivo de esta investigación fue la evaluación de carbono almacenado en una plantación de teca (*Tectona grandis* L. f.) de seis años de edad en Tizimín, Yucatán, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en una plantación de teca (*Tectona grandis* L. f.) ubicada en el municipio de Tizimín, Yucatán. El predio posee 217.60 hectáreas de árboles de dicha especie (figura 1).

* Universidad Autónoma de Nuevo León.
Contacto: jjimenez20@gmail.com

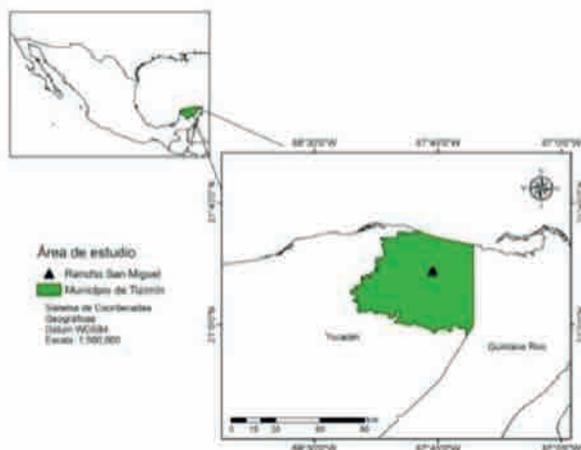


Figura 1. Ubicación de la plantación forestal comercial de *T. grandis* en Tizimín, Yucatán.

Las variables dasométricas se obtuvieron bajo un diseño de muestreo aleatorio previamente determinado en la plantación. Se encuentran establecidas 12 parcelas permanentes de muestreo con área de 992 m², de forma cuadrada que en total suman 11,904 m². La muestra consistió de 816 árboles; los datos colectados fueron diámetro a 0.3 m sobre el nivel del suelo ($d_{0.3}$), diámetro a la altura del pecho ($d_{1.3}$) y diámetros a cada dos metros ($d_2, d_4, d_6, d_8, d_{10}, d_{12}$) hasta la altura total (h) con el dendrómetro Criterion RD 1000®.

Para coleccionar muestras de campo se utilizó el método que propone el Instituto Internacional Winrock (2014) y utilizando también por López *et al.* (2018), el cual consiste en derribar y seccionar árboles, seleccionándose para el presente estudio 12 individuos representativos y sanos, distribuidos en el área de estudio.

Una vez derribados los árboles, fueron medidos en longitud total, longitud del fuste limpio, diámetro del tocón, a la altura del pecho, del centro del tronco y en la parte superior del tronco. De los individuos se colectaron muestras de hojas, ramas y ramillas, mismas que fueron pesadas e identificadas en campo para posteriormente ser trasladadas al Laboratorio de Carbono de la Facultad de Ciencias Forestales de la UANL. Todas las muestras se procesaron de acuerdo al método propuesto por Schlegel *et al.* (2000), citado por Méndez *et al.* (2012).

En laboratorio se determinó la biomasa de hojas, ramas, ramillas y la biomasa total. Asimismo, se determinó la densidad de la madera, el contenido de humedad, el factor de expansión de la biomasa (FEB), el factor de conversión de biomasa a carbono, la cuantificación de carbono y bióxido de carbono.

Para el volumen del fuste se formaron secciones transversales de dos metros de largo, con un diámetro menor y mayor conocidos, calculándose el volumen con la fórmula de Smalian:

$$V_i = \sum_{i=1}^n \frac{g_i + g_{i+1}}{2} \cdot L_i$$

donde V_i es el volumen de las secciones intermediarias (m³); g_i el área basal en la i -ésima posición (m²) y L_i el largo de la sección en la i -ésima posición (dos metros).

Para obtener la biomasa de hojas, ramas y ramillas se utilizaron las siguientes ecuaciones tomadas de López *et al.* (2018):

$$BH = PFH (kg) ** Promedio \left(\frac{Psm (kg)}{Pfm (kg)} \right)$$

$$Bram = PFRam (kg) * Promedio \left(\frac{Psmram (kg)}{Pfmram (kg)} \right)$$

$$Bras = PFRas (kg) * Promedio \left(\frac{Psmras (kg)}{Pfmras (kg)} \right)$$

Para la biomasa del fuste se utilizó esta ecuación:

$$BF = Db * Vol fustal * 1,000$$

donde: BF es la biomasa del fuste (kg); Db es la densidad básica (g/cm³) y Vol fuste es el volumen fustal (m³).

39

La biomasa total del follaje se obtuvo a través de la siguiente ecuación:

$$BT_{follaje} = PFT_{follaje} * \frac{PSM_{follaje}}{PFM_{follaje}}$$

donde $BT_{follaje}$ es la biomasa total del follaje (kg); $PFT_{follaje}$ es el peso fresco total del follaje (kg); $PSM_{follaje}$ el peso seco de la muestra del follaje (kg) y $PFM_{follaje}$ el peso fresco de la muestra del follaje (kg).

La biomasa total árbol se obtiene mediante la sumatoria de los pesos secos de cada componente (fuste, ramas, ramillas y hojas).

$$BT_{árbol} = BF + BT_{follaje} + BT_{ramas} + BT_{ramillas}$$

donde $BT_{árbol}$ es la biomasa total árbol (kg); BF la biomasa del fuste (kg); $BT_{follaje}$ la biomasa total del follaje (kg); BT_{ramas} la biomasa total de ramas (kg) y $BT_{ramillas}$ es la biomasa total de ramillas (kg).

Para estimar la densidad de la madera se cortaron tres submuestras de rodajas de diferentes secciones del fuste con un grosor de 15 centímetros. Obteniéndose en el tocón en la parte media del fuste y la tercera rodaja en la parte alta del fuste. El material en estado verde se apiló bajo techo y se acondicionó hasta alcanzar 12% de contenido de humedad. A continuación, se elaboraron las probetas definitivas, de 5 cm x 5 cm x 10 cm de longitud. Se siguió la metodología sugerida por las normas Copant 459; 460, 461 (Copant, 1972). La norma Copant 460 precisa el método para la determinación de humedad de la madera mediante la ecuación siguiente:

$$CH = \frac{P_h - P_0}{P_0} * 100$$

en la que CH es el contenido de humedad (%); P_h el peso de la madera húmeda (g); P_0 el peso anhidro (secado en estufa) de la madera (g).

El método para calcular la densidad de la madera se basa en la norma Copant 461; se aplicaron las siguientes relaciones:

$$D_b = \frac{P_0}{V_v}$$

donde D_b es la densidad básica (g cm^3); P_0 el peso anhidro (secado en estufa) de la madera (g) y V_v el volumen verde de la probeta (cm^3).

El factor de expansión de biomasa se calculó a partir de los datos de biomasa previamente estimados. Se utilizó la siguiente ecuación para su cálculo:

$$FEB = \frac{B_{total}}{B_{fuste}}$$

donde FEB es el factor de expansión de biomasa; B_{total} la biomasa total (kg); y B_{fuste} la biomasa fuste (kg).

Para la determinación de carbono de los componentes del árbol (madera, corteza, hojas y ramas), se pulverizaron tres submuestras de cada componente en un molino marca Marathon Electric serie C20J020016. La concentración de carbono total se determinó con un equipo analítico denominado Solids TOC Analyzer modelo 1020A de O-I-Analytical. Éste determina las concentraciones en muestras sólidas mediante combustión completa, a una temperatura de 900°C . El factor de conversión de carbono (Norberto, 2006) es el porcentaje de carbono, en masa, que tiene la madera, es decir;

carbono 50%; oxígeno 41%; hidrógeno 6%; nitrógeno 1% y cenizas 2%. Por tanto, la cantidad de carbono por tonelada de materia seca se aproxima a 500 kg (50%). Se calculó con la siguiente ecuación:

$$C_{total} = \frac{B}{1000} * FCBC$$

en la que C_{total} es el carbono total (ton); B la biomasa (kg) y $FCBC$ el factor de conversión de biomasa a carbono.

Para cuantificar el carbono en los árboles se efectuó muestreo destructivo, se generó la siguiente ecuación:

$$C_{acumulado} (tC/\text{árbol}) = [(V_{cc} * D * FEB)] * [(1.1) * FC]$$

La cuantificación del bióxido de carbono en los árboles se efectuó mediante muestreo destructivo, se generó la siguiente ecuación:

$$CO_2_{acumulado} (tCO_2/\text{árbol}) = [(V_{cc} * D * FEB) * ((1.1) * FC)] * [FCO_2]$$

donde V_{cc} es el volumen con corteza del fuste, es decir, del tronco del árbol sin considerar ramas ni raíces; D la densidad de materia seca (g/cm^3) del árbol recién cortado; FEB el factor de expansión de biomasa, parámetro o función que permite estimar el volumen aéreo del árbol a partir de su volumen maderable, es decir, multiplicando el V_{cc} por el FEB obtendremos el volumen de todo el árbol; $Factor R$ es la relación entre biomasa aérea y raíces; $Factor FC$ el factor de conversión de tonelada de materia seca (tms) a tonelada de Carbono (tC) y FCO_2 la proporción molecular para pasar de carbono (C) a bióxido de carbono (CO_2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El volumen fustal de la plantación de *T. grandis* a los seis años de edad es de $73.90\text{m}^3/\text{ha}$ (tabla I), este resultado es inferior a lo reportado por Villavicencio (2015), quien determinó un volumen de $80.16\text{m}^3/\text{ha}$ y un área basal de $17.58\text{m}^2/\text{ha}$, a los seis años de edad en Ecuador con la misma especie.

Tabla I. Variables dasométricas promedio de *Tectona grandis* establecida en Tizimín, Yucatán.

Variables	<i>T. grandis</i>
Diámetro (cm)	12.79
Altura (m)	10.99
Área basal (m^2/ha)	10.812
Volumen (m^3/ha)	73.902

La densidad básica de *Tectona grandis* mostró valor promedio de 0.48g/cm^3 (tabla II), este resultado es inferior a lo

reportado por Telles *et al.* (2017), quienes determinaron una densidad básica de 0.59g/cm³ en una plantación de 11 años de edad establecida en Nuevo Urecho, Michoacán, y por Rodríguez *et al.* (2014), quienes reportan un valor de 0.55 g/cm³ en plantaciones establecidas en Campeche.

Tabla II. Densidad de la madera de *Tectona grandis*.

Densidad g/cm ³	<i>T. grandis</i>		
	Prom.	Máx.	Mín.
Básica	0.48	0.53	0.38
Verde	1.02	1.13	0.82
Anhidra	0.56	0.68	0.47

La biomasa de los componentes arbóreos y la biomasa total se presentan en la tabla III y en la figura 2, donde se puede observar que el fuste representa 46%, comparado con el resto de los componentes; caso diferente a lo reportado por López (2018), quien encontró que el fuste de *T. grandis* de 16 años representa 92% de biomasa total.

Tabla III. Biomasa promedio por componentes de árboles de *Tectona grandis*.

Biomasa (kg)			
Hojas	Ramas	Fuste	Total
5.696	12.068	15.243	33.025

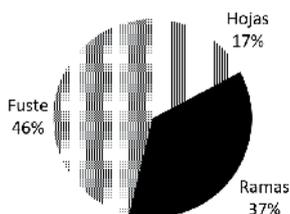


Figura 2. Porcentaje de biomasa contenida en la estructura aérea de *T. grandis* (2011).

El resultado del factor de expansión de biomasa es superior a lo reportado por Orrala y Guiracochoa (2007), quienes determinaron un FEB de 1.39. El resultado del FEB calculado en este estudio es de 2.14 y se encuentran dentro del rango de lo reportado para varias especies en bosques naturales y en plantaciones, tal como lo reporta Soliz (1998), en Bolivia, quien encontró un FEB de 2.5 para las especies evaluadas en un bosque subhúmedo estacional.

El factor de conversión de biomasa a carbono (tabla IV) es de 0.48%. Este resultado se encuentra dentro del rango reportado para diferentes especies del noreste de México (Yamallel *et al.*, 2012).

Para la fijación de carbono y bióxido de carbono se presentan los valores de los parámetros del modelo ajustado, así como sus indicadores de bondad de ajuste y nivel de confiabilidad (tablas IV y V).

Tabla IV. Valores estadísticos de los parámetros del modelo matemático evaluado en la cuantificación del carbono acumulado en *Tectona grandis*.

R^2_{adj}	SCE	CME	β_i	Valor estimado
0.9890	0.00127	0.0000016	0	0.000058
			1	1.597781

Error estándar	Prob>T	REMC	DW
0.0000018	<0.0001	0.00125	1.54
0.00599	<0.0001		

R^2_{adj} =coeficiente de determinación ajustado; SCE=suma de cuadrado del error; CME=cuadrado medio del error; β_i = parámetros estimados; REMC=raíz del cuadrado medio del error; DW=durbin Watson.

Tabla V. Valores estadísticos de los parámetros del modelo matemático evaluado en la cuantificación del bióxido de carbono acumulado en *Tectona grandis*.

R^2_{adj}	SCE	CME	β_i	Valor estimado
0.9889	0.00127	0.0000002	0	0.000016
			1	1.597781

Error estándar	Prob>T	REMC	DW
0.00000049	<0.0001	0.00125	1.54
0.00599	<0.0001		

R^2_{adj} =coeficiente de determinación ajustado; SCE=suma de cuadrado del error; CME=cuadrado medio del error; β_i = parámetros estimados; REMC=raíz del cuadrado medio del error; DW=durbin Watson.

Los modelos explican valores porcentuales altos (98%) de la variabilidad total presente en la variable dependiente, y una alta significancia en cada uno de sus parámetros (tablas IV y V), por lo que se consideran apropiados para determinar con mayor precisión el carbono almacenado en función de las variables; volumen total de fuste (V_{cc}), densidad (D), factor de expansión de biomasa (FEB), relación biomasa radical-biomasa total ($1+R$), factor de conversión (FC), y el bióxido de carbono almacenado en función de las variables; volumen total de fuste (V_{cc}), densidad (D), factor de expansión de biomasa (FEB), relación biomasa radical-biomasa total ($1+R$), factor de conversión (FC) y fijación de CO₂.

Las ecuaciones generadas para cuantificar el carbono y el bióxido de carbono acumulado a partir de los valores de los parámetros de las tablas IV y V quedan definidas como:

$$C_{acumulado}(t) = [(\beta_0 * (d^2 * H)^{\beta_1}) * [D * FEB]] * [(1 + R) * FC]$$

$$CO_{2\text{ acumulado}}(t) = ((\beta_0 * (d^2 * H)^{\beta_1} * D * FEB) * (1 + R) * FC * FCO^2)$$

El carbono almacenado fue de 40.08ton/ha, estos resultados son mayores a lo reportado por Villavicencio (2015) en una plantación de teca de seis años de edad con una cantidad de carbono almacenado de 11.78 ton/ha. Sin embargo, en un sistema agroforestal de *T. grandis* con *Panicum máximum*, establecido en 2000, Orrala y Guiracocha (2007) reportan 84.12 ton/ha de carbono, siendo éste mayor que el estimado para el presente estudio. Por otra parte, Jaramillo y Correa (2015) reportan 17.15 toneladas de C/ha y 62.95 toneladas de CO₂/ha para *T. grandis* en la Provincia El Oro, Ecuador. Quedando los valores calculados para Tzimín, Yucatán dentro de este rango.

Tabla VI. Biomasa, Carbono y CO₂ acumulado en la plantación de teca.

Superficie (ha)	Biomasa (ton/ha)	Superficie (ha)/biomasa (ton/ha)	C (ton/árbol)	C (ton/ha)
217.600	75.912	16,518.48	0.0491	40.082

Superficie (ha)/carbono (ton/ha)	CO ₂ (ton/árbol)	CO ₂ (ton/ha)	Superficie (ha)/CO ₂ (ton/ha)
8,721.42	0.1803	147.100	32,009.02

CONCLUSIONES

La fijación de carbono fue de 40.08 ton/ha y de CO₂ 147.1 ton/ha para esta plantación de seis años de *T. grandis*.

La ecuación generada a partir de datos de inventario y de laboratorio es una herramienta indispensable para la estimación de carbono y el CO₂ acumulado en la plantación de teca.

Estas ecuaciones matemáticas pueden aplicarse en otras plantaciones de *T. grandis* con condiciones de suelo y clima similares a las del estudio.

Es pertinente establecer un sistema de monitoreo hasta la edad de rotación de *T. grandis*.

Las plantaciones forestales forman parte de la gama de servicios ambientales ya que, al absorber CO₂ atmosférico, contribuyen con la mitigación del calentamiento global.

REFERENCIAS

- Brown, S. (2002). Measuring carbon in forests: current status and future challenges. *Forest Ecology and Management*. 116: 363-372.
- Castellanos, E., Quilo, A., y Mato, R. (2010). *Metodología para la estimación del contenido de carbono en bosques y sistemas agroforestales de Guatemala*. Guatemala: Centro de Estudios Ambientales y de Biodiversidad de la Universidad del Valle de Guatemala/CARE-Guatemala, 31p.
- Comisión Panamericana de Normas Técnicas (Copant). (1972). *Madera-Selección y colección de muestras* (458, 459, 461, 462, 555, 464, 466). Buenos Aires, Argentina. s/p.
- FAO. (2001). *Situación de los bosques en el mundo*. Montes. Roma, Italia. 175 pp.
- Isaza, J., y Campos, D. (2007). *Cambio climático. Glaciaciones y calentamiento global*. Colombia: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo. 294 pp. Disponible en: http://www.portalplanetasedna.com.ar/efecto_invernadero1.htm
- Jaramillo, R., y Correa, H. (2015). Cuantificación de biomasa área total, carbono almacenado y CO₂ fijado en árboles teca (*Tectona grandis* linn f) en una parcela de muestreo rectangular de 500 m2, en una hacienda en la Provincia de El Oro. En *Memoria de Artículos del I Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología*. Ecuador: Universidad Técnica de Machala: 14-19.
- López, H., Vaidés, E., y Alvarado, A. (2018). Evaluación del carbono fijado en la biomasa aérea de plantaciones de teca en Chahal, Alta Verapaz, Guatemala in. *Agronomía Costarricense*. 42(1): 137-153.
- Méndez G., J. et al. (2012). Ecuaciones alométricas para estimar biomasa aérea de *Prosopis laevigata* Humb & Bonpl. Ex Wild.) M.C. Johnst. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 3 (13): 57-72.
10. Norverto, C. (2006). *La fijación de CO₂ en plantaciones forestales y en productos de madera en Argentina*. Buenos Aires: Editorial GRAM.
- Orrala, R., y Guiracocha, G. (2007). *Almacenamiento de carbono en dos sistemas silvopastoriles instalados en Quevedo, Provincia de Los Ríos* (Tesis de grado) Ecuador 11. Perry, D. 1994. Forest ecosystems. John Hopkins University Press. Baltimore, U.S.A. pp. 187-193.
- Rodríguez, R., Zamora J., Silva, J., et al. (2014). Propiedades físico-mecánicas de madera de teca de plantaciones comerciales. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 5(24): 12-25.
- Soliz, B. (1998). Valoración económica del almacenamiento y fijación de carbono en un bosque subhúmedo estacional de Santa Cruz, Bolivia. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CA-TIE. 113 p + anexos. Sprugel DG. 1983. Correcting for bias in log-transformed allometric equations. *Ecology*. 64(1): 209-210.

Telles, R, Nájera, J, Alanís, E., *et al.* (2017). Propiedades físico-mecánicas de la madera *Tectona grandis* L. f. de una plantación comercial en el estado de Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 8(40): 37-56.

Villavicencio, G. (2015). *Estimación de carbono almacenado en biomasa aérea en plantación de teca (Tectona grandis LF.), ubicada en la parroquia Huámbi, provincia de Morona Santiago* (Tesis de grado). Loja, Ecuador.

Winrock International. (2014). *Standard Operating procedures for Terrestrial carbon Measurement Field Manual*. Disponible en: <http://www.leafasia.org/library/standard-operating-procedures-terrestrial-carbon-measurement-field-manual>

Yamalle, I, Jiménez, J, Aguirre, O., *et al.* (2012). Concentración de carbono en el fuste de 21 especies de coníferas del noreste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 3(13): 49-56.

Recibido: 13/012/2018

Aceptado: 20/07/2019

CiENCIA UANL

 **UANL**
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

 **VISION UANL 2030**
INICIATIVA DE CALIDAD PARA TRANSFORMAR Y TRANSICIÓN EN BENEFICIO DE LA HUMANIDAD

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

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

 **Revista CIENCIA UANL**

 **Revista CIENCIA UANL**



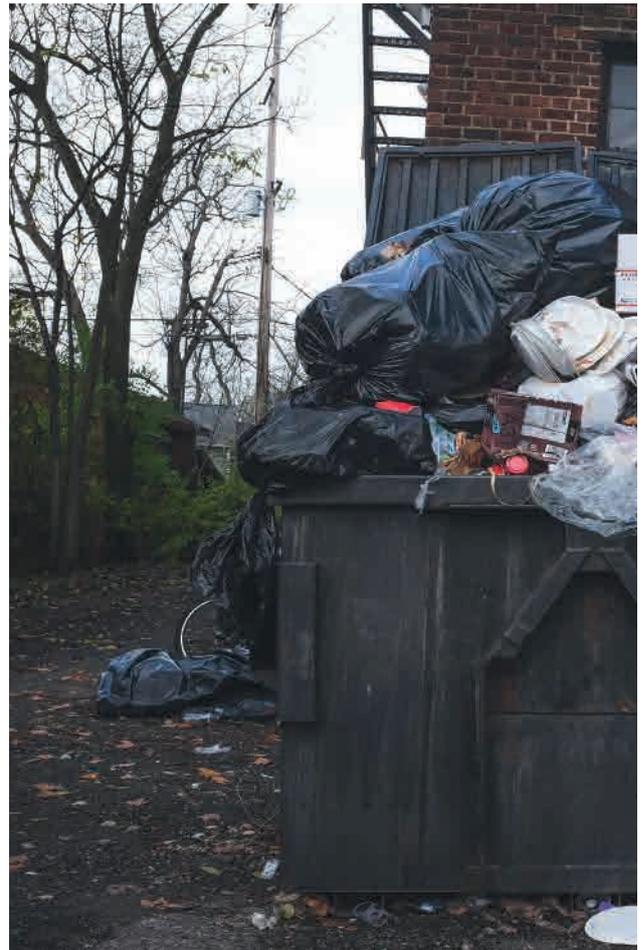
Curiosidad



Residuos sólidos urbanos: una problemática ambiental y oportunidad energética

José Vian-Pérez*, Alejandra Velasco-Pérez**, Tania García-Herrera**

La basura o, formalmente, los residuos sólidos urbanos (RSU) son los materiales eliminados de las casas-habitación o vía pública al dejar de cumplir con la función para la cual fueron creados. Tradicionalmente, en las instituciones de educación básica y media superior se ha tratado de concientizar a la comunidad estudiantil y sociedad en general acerca de la problemática que implica la generación y deficiente disposición de estos residuos. Las actividades que se han propuesto como alternativa para minimizar dicho problema son las campañas de reciclaje y reutilización de algunos materiales como el plástico o papel. Además de fomentarse una cultura de orden respecto a la disposición y reducción de la cantidad de residuos a eliminar. Por otro lado, poco se ha informado acerca de las tecnologías de valorización energética de los residuos. Es decir, procesos tecnológicos cuyo producto final tiene un valor energético como metano (CH_4) o hidrógeno (H_2), los cuales resultan interesantes desde un punto de vista social, económico y ecológico.



* Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco.

** Universidad Veracruzana.

Contacto: alvelasco@uv.mx



¿QUÉ PROBLEMA REPRESENTAN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS?

De forma general, los RSU pueden dividirse en dos grandes grupos: *a)* los residuos orgánicos como los de frutas y verduras, residuos de comida y de jardín; *b)* los inorgánicos que incluyen materiales de plástico, vidrio, metales y otros. Aquí es importante mencionar que, como consecuencia de su mala disposición, los RSU ocasionan problemas ecológicos y sociales. Al ser dispuestos de manera incorrecta son contaminantes de suelo, agua y aire. Durante el proceso de descomposición de los RSU orgánicos se generan gases como el dióxido y monóxido de carbono (CO_2 y CO , respectivamente), metano (CH_4), ácido sulfhídrico (H_2S) y compuestos orgánicos volátiles (como benceno y acetona). Los anteriores son tóxicos, generan malos olores y contribuyen al cambio climático. Además, el agua de lluvia que pasa a través de un depósito de RSU, así como el agua que se libera de los propios residuos, lleva consigo elevada cantidad de sustancias orgánicas e inorgánicas que tienen como destino final los suelos y cuerpos de agua. Una fracción de estos lixiviados son degradados por microorganismos que producen sustancias ácidas o básicas, como ácidos orgánicos y amonio (NH_4^+), que provocan desbalance en el pH del medio. Asimismo, otras fracciones de lixiviados son tóxicas, por lo que afectan directamente la ecología del suelo.

En el ámbito social, son básicamente dos problemas los que se generan: en primer lugar, los tiraderos a cielo abierto atraen y facilitan la proliferación de insectos, aves y mamíferos que pueden transmitir enfermedades como cólera, salmonelosis, dengue y amebiasis, entre otras; el otro problema es que se requieren grandes extensiones de tierra para la disposición final de residuos cuya producción es creciente y cada vez más cerca de los asentamientos poblacionales.





GENERACIÓN Y GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

En México, 70% de los residuos que se generan son urbanos, en masa esto equivale a 42,106 millones de toneladas anuales o 115,359 toneladas por día, cada habitante del país contribuye generando en promedio 0.99 kg de residuos al día. Lo anterior, considerando un valor aproximado a la media de producción per cápita para los países de América Latina y del Caribe que es de 1.1 kg/persona/día. Sin embargo, para algunos países se registran producciones de sólo 0.11 kg/persona/día, como es el caso de Uruguay, y en otros como Trinidad y Tobago la producción es de hasta 14 kg/persona/día. Esa variación de producción de RSU se asocia con el nivel de desarrollo de cada país, en el que las actividades económicas predominantes no sólo dictan la cantidad de RSU producidos, también la composición de los mismos y los mecanismos de gestión y tecnologías de disposición o tratamiento (UNEP and CCAC, 2017). En México, en 1950, cuando comenzaba la transición económica (industrialización) del país, el porcentaje de RSU orgánicos era de 70%, mientras que para 2012 esa fracción ya se encontraba en 52% (Inegi, 2015).

En todos los casos, las actividades de gestión deberían estar enfocadas en lograr depositar la menor cantidad posible de residuos en sitios de confinamiento final como rellenos sanitarios. En regiones industrializadas o turísticas, los residuos generados son en su mayoría de naturaleza inorgánica, por lo que un mecanismo efectivo para reducir el volumen de residuos son las prácticas de reutilización y reciclaje de materiales como el PET, vidrio, cartón y metales. En lugares donde predominan actividades agrícolas y ganaderas, la mayor fracción de los residuos es orgánica, por lo que el área para su aprovechamiento son los procesos de tratamiento biológico con fines de generación de energía y obtención de materiales estabilizados. Es decir, materiales que ya no pueden ser degradados biológicamente, por lo cual ya no suponen algún efecto adverso sobre el medio ambiente.

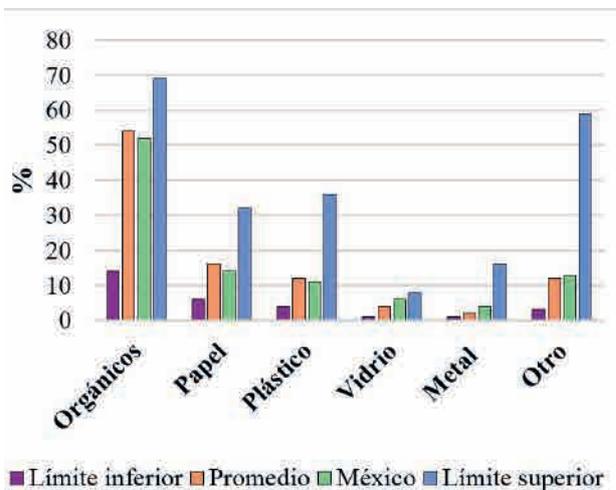


Figura 1. Composición de los residuos sólidos urbanos generados en México, en comparación con los países de América Latina y del Caribe (UNEP and CCAC, 2017; Inegi, 2015).

En países en vía de desarrollo existen tres tipos de sitios de disposición final: relleno sanitario, sitios controlados y tiraderos a cielo abierto. Los dos últimos sólo son lugares de confinamiento en los que no se controla el flujo de lixiviados, ni la emisión de gases a la atmósfera. Los rellenos sanitarios son obras de ingeniería en los que una extensión de tierra es impermeabilizada y sobre la cual se van depositando los RSU en capas, cada capa de residuos es cubierta con una de tierra y así sucesivamente. Además, cuenta con sistemas de canales y antorchas para el control de los lixiviados y gases generados, evitando su flujo hacia los suelos y la atmósfera, respectivamente.

En México existen 260 rellenos sanitarios, donde se disponen alrededor de 28 millones de toneladas de RSU (Semarnat, 2017). En ellos, los residuos pueden quedar atrapados en ambientes anaerobios (ausencia de oxígeno) al cubrirlos con tierra, en esta condición se reproducen microorganismos que al consumir la fracción orgánica de los RSU producen biogás, por lo que una deficiente operación de los rellenos tiene como consecuencia la emisión de 10% de metano del total global y malos olores debido al sulfuro de hidrógeno H_2S y otros compuestos orgánicos volátiles.

La zona metropolitana de Monterrey, Nuevo León, es pionera, en América Latina, en valorizar energéticamente el metano producido en su relleno sanitario. En 2003, el organismo público encargado de la gestión de los RSU (Sistema Integral para el Manejo Ecológico y Procesamiento de Desechos –Simeprode–) a través de la empresa Bioenergía de Nuevo León, S.A. (Benlesa) construye una planta de generación de energía eléctrica con capacidad

de 7.42 MW.h que incrementó hasta 20.8 MW.h en 2015. La energía cogenerateda es destinada al consumo de oficinas gubernamentales, alumbrado público y a la operación del metro de Monterrey (INECC-Semarnat, 2015).

En caso contrario, en regiones donde el único fin de los rellenos sanitarios es confinar los residuos, es necesario alargar su periodo de vida y controlar las emisiones líquidas y gaseosas. Lo anterior se puede lograr disminuyendo la cantidad de residuos a disponer a través de la práctica de actividades como separación en el origen y reciclaje de materiales.

En algunas regiones estas actividades no han tenido éxito por diversos factores. El primero de ellos es la carencia de la infraestructura adecuada, por ejemplo, en algunas ciudades se colocan contenedores para depositar la basura separada como orgánica, metales, plásticos, etc., pero al no contar con los medios de transporte adecuados para cada uno de ellos, los residuos vuelven a mezclarse; el segundo se refiere a que la participación de la población en esta clasificación depende de la obtención de alguna retribución. En México, 39% de las personas que separa sus residuos lo hace por obtener beneficio monetario.

Al llevarse a cabo con éxito la separación de RSU, surge la necesidad de implementar tecnologías de tratamiento para las fracciones no recuperables, los más difundidos mundialmente son los tratamientos térmicos y los biológicos. Ambas opciones tienen la característica de tener un balance positivo de energía, es decir, en el proceso se genera la energía necesaria para su funcionamiento y un extra que puede ser utilizado, por ejemplo, para alumbrado público.



Figura 2. Práctica de separación en el origen de los RSU (UANL, 2019).

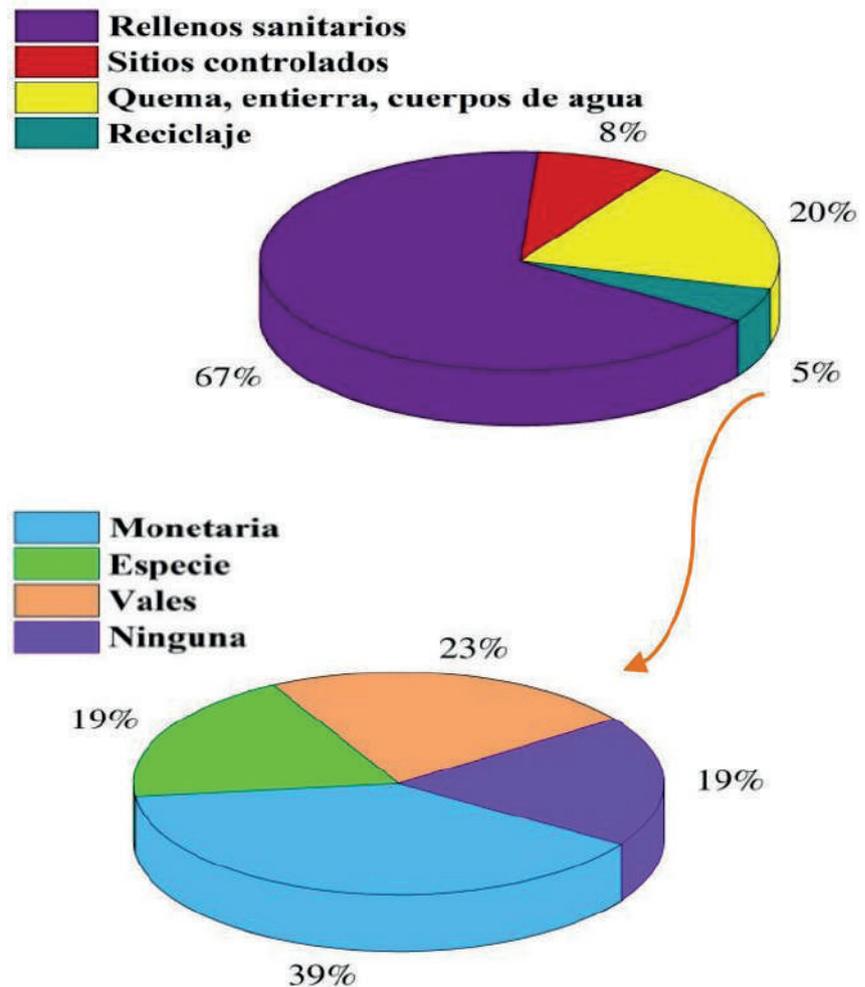


Figura 3. Lugares de disposición final de RSU en México y tipo de retribución que obtienen los habitantes que participan en actividades de reciclaje (Inegi, 2015)



TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO TÉRMICO

Después del reciclaje, los residuos remanentes pueden ser enviados a disposición final o eliminarse mediante algún método de tratamiento. Los tratamientos térmicos son procesos físico-químicos que utilizan calor para degradar los residuos, con lo cual se recuperan metales y se extrae energía calorífica que puede ser utilizada en la industria para generar vapor de proceso o electricidad. La combustión, pirolisis y gasificación son tecnologías térmicas denominados en conjunto WTE (por sus acrónimos en inglés *Waste to Energy*).

48

Con la combustión se reduce en 95% la cantidad de residuos. Los residuos son quemados, por lo que se alcanzan temperaturas de 1200°C, el oxígeno necesario para la combustión se toma del aire y se generan cenizas, agua y gases (principalmente dióxido de carbono). Por cada tonelada de RSU sometidos a este tratamiento se liberan 685 kW.h, de los cuales 339 kW.h son consumidos por el propio proceso.

Aplicando presiones mayores a la atmosférica y temperaturas de 700°C en condiciones de ausencia de oxígeno se favorece la transformación de los residuos en gases con elevado poder calorífico como el hidrógeno (H_2), metano (CH_4) y otros como monóxido de carbono (CO). Al utilizar los gases combustibles generados se pueden obtener



544 kW.h de energía, de los cuales se consumen solo 78 kW.h en el tratamiento.

Mediante el proceso de gasificación se busca producir gases combustibles, como H_2 y CH_4 , a partir de los RSU. Esto se logra incinerando parcialmente los residuos, requiriendo menor cantidad de oxígeno que una combustión total. Las temperaturas que se alcanzan rondan los $1100^\circ C$, y el balance energético es similar al proceso de combustión.

Las tres opciones reducen los RSU a cenizas, de las cuales se pueden recuperar metales, y en el caso de las provenientes del proceso de gasificación, también pueden utilizarse para construcción debido a sus características vítreas. Entonces, después de aplicar un proceso de tratamiento de este tipo, si se tenía la necesidad de confinar en un relleno sanitario una tonelada de RSU, ahora sólo se tendrán que disponer 50 kg de cenizas que no son sujetas a la acción de microorganismos, anulando la producción de biogás contaminante y malos olores en el sitio de disposición. La pirolisis posee el mejor balance energético, con una ganancia neta de energía de 466 kW.h por tonelada de residuo tratada, aunque con las otras tecnologías también se obtienen ganancias positivas de 345 kW.h. El punto negativo que tienen los tratamientos térmicos es que sus subproductos gaseosos son tóxicos como el ácido clorhídrico (HCl), sulfuro de hidrógeno (H_2S), cianuro de hidrógeno (HCN), amoníaco (NH_3) y óxidos de nitrógeno (NO_x). Por lo tanto, es importante analizar los aspectos técnicos, económicos, los rendimientos energéticos y el impacto ambiental para elegir el proceso de tratamiento más acorde a cada situación (Castaldi, 2014).



TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO

De forma natural, en el ambiente se lleva a cabo la transformación de materia por parte de diversos microorganismos. Un ejemplo de esto es cuando la cáscara de algún fruto es depositada en el suelo de un jardín, después de un tiempo es transformada en un material con características similares a las del suelo. Es decir, ocurre que los microorganismos que crecen sobre la superficie de la cascara, la consumen, produciendo CO_2 , agua y mineralizando el material. En los pantanos, el agua está saturada de sólidos, por lo que no existe oxígeno gaseoso (O_2) disuelto en el medio, en estas condiciones anaerobias, el metabolismo de los microorganismos presentes es distinto, por lo que la materia que consumen la transforman en metano y dióxido de carbono, principalmente. Las tecnologías biológicas de tratamiento de residuos son la aplicación de los procesos biológicos que ocurren en el medio ambiente, reproduciendo esos fenómenos en sistemas (obras de ingeniería) donde se controlan las características fisicoquímicas que maximizan la actividad de los microorganismos responsables de la biotransformación de los materiales.

Por otro lado, el composteo es la tecnología aerobia para el tratamiento de residuos orgánicos. En esta tecnología se depositan en dispositivos o sobre superficies impermeables una mezcla de residuos orgánicos, tierra y un material de soporte que puede ser virutas de madera, estos materiales

deben ser mezclados periódicamente con el propósito de suministrarles aire. Los microorganismos presentes en la tierra llevan a cabo la degradación de los RSU orgánicos. El material de soporte incrementa la porosidad de la mezcla, permitiendo que el aire se difunda a través de ella, evitando la generación de zonas anaerobias donde se producirían gases como metano y compuestos aromáticos. El producto final del proceso es un material estabilizado (30% del volumen inicial de residuos sometidos a tratamiento) con características fertilizantes por su elevado contenido de nitrógeno y fósforo. El principal punto débil de esta tecnología es el prolongado tiempo de proceso (mayor a 90 días), lo cual implícitamente significa la necesidad de grandes extensiones de terreno (Montalvo y Guerrero, 2003).

Los procesos de digestión anaerobia son la otra alternativa biológica. Se lleva a cabo en biorreactores, dispositivos cerrados para asegurar ambientes anaerobios dentro de ellos, a los que se les controla el pH en un punto neutro (valor de 7) y la temperatura de operación (generalmente es fijada a un valor de 36 o 45°C). Los biorreactores pueden ser tanques equipados con impulsores que promueven la mezcla y homogenización de los materiales en todo el volumen de trabajo, o dispositivos tubulares con mecanismos que obliguen a los materiales a pasar como un émbolo a través de toda su longitud. Los RSU orgánicos se alimentan a los biorreactores en conjunto con agua residual (agua que ya ha sido utilizada en otra actividad) para ajustar la concentración de sólidos a un valor menor a 35%. Un grupo de microorganismos anaerobios se encarga de desintegrar y producir ácidos orgánicos y finalmente producir un biogás con elevado contenido de metano (>70%). Al final del proceso se tiene un material rico en nutrientes como nitrógeno y fosforo que puede ser utilizado como mejorador de suelos y un biogás con poder calorífico volumétrico de 10.49 kW.h.m³ que puede ser empleado como combustible directamente o para generar energía eléctrica.

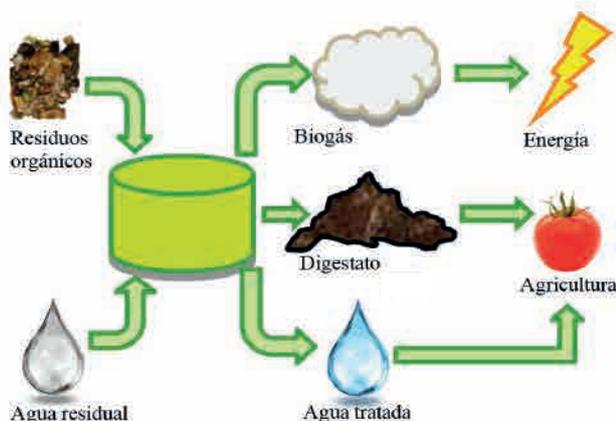


Figura 4. Digestión anaerobia de residuos orgánicos.

Un balance energético de un proceso anaerobio se puede realizar tomando como base de cálculo la generación de residuos sólidos urbanos, estimada para un polígono de 100,000 habitantes (99 toneladas por día), de los cuales 52% son de naturaleza orgánica. Si estos RSUO son tratados mediante un sistema operado en forma óptima, se generarían 3434.75 m³/d de metano y 1.10 t/d de composta, además de que se tratarían 102.75 m³ de agua residual. La composta generada, así como el agua tratada, son productos de valor apreciable para actividades agrícolas. El metano resultante del proceso rendiría 36 030.53 kW.h/d de energía, considerando un poder calorífico volumétrico de 10.49 kW.h./m³ para el metano, esto es suficiente para abastecer de energía eléctrica a 1242 hogares típicos mexicanos. En otro escenario, si la energía generada se utiliza para otros fines como alumbrado público, un municipio obtendría ahorros por este concepto de entre 2.6 y 10 millones de pesos anuales (considerando precios de entre 0.85 y 2 pesos por kW.h) (UNEP and CCAC, 2017; Inegi, 2015).

CONCLUSIONES

Actualmente la generación de RSU es una problemática de índole social, económica y ecológica, que toma mayor fuerza en países subdesarrollados y en vía de desarrollo. En todas las actividades que realiza el ser humano se generan residuos que deben ser eliminados o confinados de forma que se minimice el efecto negativo que tienen sobre el medio ambiente.

Gracias a la investigación científica y el desarrollo tecnológico en este ámbito, se han propuesto tecnologías de tratamiento térmico y biológico que permiten disminuir hasta 95% de los residuos a disponer en rellenos sanitarios, lo cual prolonga su vida útil y evita que grandes extensiones de tierra se destinen para almacenarlos. Asimismo, los productos de esas tecnologías son principalmente gases combustibles con lo que se cambia el enfoque social-económico de una situación problema hacia una situación de oportunidad energética. En países como México, la proporción de RSU orgánicos abre la posibilidad de implementar estas tecnologías. Sin embargo, es necesario que el gobierno en sus distintos niveles proporcione la infraestructura necesaria para incentivar la cultura de separación de residuos y reciclaje, aspectos clave para el éxito del manejo sustentable de los residuos sólidos urbanos.

REFERENCIAS

Castaldi, J.M. (2014). Perspectives on sustainable waste management. *The Annual Review of Chemical and Biomolecular Engineering*, 5: 547-562.

INECC-Semarnat. (2015). *Programa Estatal de Gestión Integral de Residuos Sólidos de Nuevo León 2009-2015*. Disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/187464/Nuevo_Le_n.pdf

Inegi. (2015). *Censo nacional de gobiernos municipales y delegacionales. Módulo ambiental de residuos sólidos*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2015/default.html#Tabulados>

Montalvo, S., y Guerrero, L. (2003). *Tratamiento anaerobio de residuos*. Chile: Universidad Técnica Federico Santa María.

Semarnat. (2017). *Indicadores básicos del desempeño ambiental-residuos sólidos*. Disponible en: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores14/conjuntob/00_conjunto/marco_conceptual3.html

UNEP and CCAC. (2017). *Progress and opportunities for Reducing Short-lived Climate Pollutants across Latin America and the Caribbean*. Disponible en <https://www.ccacoalition.org/es/resources/progress-and-opportunities-reducing-slcp-across-latin-america-and-caribbean>

Universidad Autónoma de Nuevo León. (2019). *Manejo y gestión de residuos sólidos urbanos con características reciclables*. Disponible en: <http://sds.uanl.mx/manejo-y-gestion-de-residuos-2/>





Enunciación del conocimiento sustentable para asirnos de un futuro mejor

Pedro César Cantú Martínez*

52

La vida en la Tierra, nuestro planeta, surge hace alrededor de 4,000 millones de años; parece que este suceso fuera inevitable... y ocurrió. Irguiéndose el ser humano como un ser consciente, capaz de transformar, pero también de devastar la vida que de manera concomitante le ha acompañado. Sin duda, como asienta Rees (2019), lo que acontezca en este nuevo siglo se hará patente por miles de años, pues el ser humano cuenta hoy en día con el poderío que le ha otorgado el conocimiento que ha creado y que pone también, lamentablemente, en riesgo la continuidad en el planeta.

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

Por otra parte, Stenger (2019) comenta que una gran cantidad de personas en el mundo vive al margen de los beneficios que otorga el conocimiento científico, en cambio, se ha subordinado, de alguna manera, sólo a los intereses económicos y políticos. La misma autora argumenta que para encontrar una buena solución a esto, se debe argüir sobre una inteligencia de carácter público que permita empoderar a toda la sociedad, ya que a la vez que el conocimiento científico se concibe y vuelve cultos a quienes lo generan, este mismo conocimiento se torna oculto para la gran mayoría de las personas. Asimismo, asevera que lo relevante de esta inteligencia pública consiste en que toda una comunidad empoderada del conocimiento, permitiría el involucramiento de todo individuo en la resolución de las problemáticas más apremiantes y reales para la sociedad.

Lo anterior es de suma relevancia cuando acogemos lo que Eduald Carbonell (2018) denomina como evolución responsable. A qué atañe esto, se refiere a la toma de medidas y decisiones que aumenten nuestra solidaridad, subsidiariedad y, por ende, fortalezcan nuestras relaciones sociales como seres humanos; que involucren, además, una repartición de recursos –inclusive el conocimiento científico– de manera equitativa e igualitaria, sin que esto conlleve un menoscabo para nuestro entorno.

Todo eso es el resultado de que el modelo socioeconómico actual sea insostenible y que conjuntamente haya incrementado las desigualdades e inequidades entre las personas, generado por una polarización económica y social, en la que se observa adicionalmente un deterioro del ambiente sumamente importante. Por esta razón, en el presente manuscrito abordaremos la relevancia de un conocimiento sustentable, el cual definiremos con la finalidad de hacernos de una trayectoria hacia un mundo mejor.



CONTEXTO ACTUAL

De acuerdo con el Banco Mundial, en su resumen anual de 2018 (Barne y Wadhwa, 2018), se ha documentado que subsiste aún una condición de pobreza que aunque se ha reducido para el segmento de pobreza extrema, aún continua un gran núcleo de población –alrededor de 763 millones de personas– en estas condiciones, y vaticinan que ésta se aglomerará en algunas regiones del mundo de manera particular, como está sucediendo en África, esencialmente al sur del desierto del Sahara, donde se encuentran 413 millones de seres humanos en estas condiciones, subsistiendo con menos de 1.90 dólares al día. Por otra parte, en este mismo informe se muestra que 24.5 millones de personas se han visto desplazadas o forzadas a huir para evadir los conflictos sociales y la violencia que se produce a su alrededor. Por ejemplo, en el caso reciente de Venezuela, cerca de 3 millones de venezolanos han abandonado su país.

En otro ámbito, este mismo documento hace mención que para limitar el calentamiento en el mundo a 1.5°C, es necesario que para 2030 se reduzcan las emisiones de carbono propagadas por las actividades productivas del ser humano a 45%. De igual forma, señala que en un estudio llevado en 4,300 ciudades de más de un centenar de naciones, 90% de la población respira una mala calidad de aire, lo que promueve que cerca de 7 millones fallezcan por la contaminación del mismo. Y continuando en este marco, agrega que 33% de los residuos en el mundo no se gestiona correctamente, y tan sólo en 2016 se produjeron 242 millones de toneladas métricas de residuos plásticos.

Asimismo, en otros rubros, el Banco Mundial asevera que 2,600 millones de personas en el mundo carecen de agua para beber. Lo cual promueve un deficiente saneamiento básico, que contribuye al deceso de 1.6 millones de personas anualmente, que aunado a la cifra de 150 millones de infantes que no presentaron un desarrollo adecuado por eventualidades relacionadas con la malnutrición y padecimientos gastrointestinales; todo esto agrava las perspectivas de esperanza de vida de las personas. Si a lo anterior se añade que 260 millones de niños y adolescentes carecen de educación, esto plantea un gran reto para el organismo internacional de salud en el mundo.

Ante lo anterior, este mismo informe ahonda, al indicar que esto deja a una numerosa cantidad de perso-



nas en vulnerabilidad al carecer de las habilidades cognitivas, sociales y conductuales para conseguir un trabajo, ahora que la tecnología y la ciencia se han insertado en casi todas las fuentes laborales; que sumado a los 2,700 millones de mujeres en el mundo que afrontan restricciones para optar por un trabajo digno, representa un desafío a la economía mundial. Esto asociado al hecho de que se espera que para 2050 más de 90% de la población en el mundo viva en las ciudades.

Como se habrá observado, en todas estas evidencias emana el hecho de que el conocimiento científico no se ha transferido a la sociedad por completo, y tampoco se ha empoderado a ésta con dicho conocimiento para utilizarlo como herramienta para abatir el “marco general de pobreza, hambre, inseguridad alimentaria, desnutrición, prácticas

agrícolas insostenibles, inequidad (económica, social y de género), despilfarro de recursos naturales, consumo energético desmesurado y de violencia e inseguridad” (Gavito, *et al.*, 2017, p. 151).

CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO SUSTENTABLE

Bunge (1981, p. 36) comenta que la ciencia y el conocimiento científico que emana de ella es una instrumentación altamente relevante porque permite a la humanidad adecuar “la naturaleza y remodelar la sociedad; es valiosa en sí misma, como clave para la inteligencia del mundo y del yo; y es eficaz en el enriquecimiento, la disciplina y la liberación de nuestra

mente”. Sin embargo, debemos considerar que el conocimiento científico parte primariamente del conocimiento habitual y de la experiencia, que regularmente denominamos como conocimientos tradicionales o cultura (Cantú-Martínez, 2012).

De hecho, cuando nos referimos al término científico “se pretende dar a entender que tiene algún tipo de mérito o una clase especial de fiabilidad” (Chalmers, 1990, p. 3), y cuando aludimos al conocimiento sustentable, estaremos señalando aquél que posee fiabilidad científica y es relacionado con los saberes tradicionales, pero además es transferido al tejido social para su empoderamiento, de tal manera que el conocimiento se traduzca en acciones inmediatas. Esto con la finalidad de contribuir a “los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible y las 169 Metas en el Documento de Naciones Unidas



Transformando Nuestro Mundo: la Agenda para el Desarrollo Sostenible 2030” (Vessuri, 2016, p. 5). Por ello, el conocimiento sustentable nos muestra la importancia de la participación y formación ciudadana en la construcción de la sustentabilidad (Komiya y Takeuchi, 2006).

Por otra parte, algo que distingue al conocimiento sustentable es que durante su aplicación toma en cuenta cómo controlar la contaminación, y además considera cómo subsanar los daños que se puedan realizar a la naturaleza (Ibarra, 2013). Pero, además, esto tiene su génesis, según Mayor Zaragoza (citado por Vilches, Macías y Gil, 2014, p. 10) en ...

la preocupación, surgida recientemente, por la preservación de nuestro planeta es indicio de una auténtica revolución de las mentalidades: aparecida en apenas una o dos generaciones, esta metamorfosis cultural, científica y social rompe con una larga tradición de indiferencia, por no decir de hostilidad.

A lo que Novo (2009) señala que la sustentabilidad, en el marco del conocimiento sustentable, nos lleva a observar detenidamente la relación que subsiste entre la humanidad y la naturaleza, donde dicho conocimiento da viabilidad a un desarrollo con una mejora cualitativa para los seres humanos sin agraviar y comprometer el entorno natural. Aspecto que se traduce en una pretensión razonable y justificable, como lo comenta Sachs (2008, p. 120), al comentar que...

tendremos que apreciar con urgencia que los desafíos ecológicos no se resolverán por sí solos ni de forma espontánea [...] la sostenibilidad debe ser una elección, la elección de una sociedad global que es previsor y actúa con una inusual armonía.

DESAFÍOS DEL CONOCIMIENTO SUSTENTABLE

La tarea para transitar a una sociedad sustentable será bastante ardua, en este sentido, Vilches, Macías y Gil (2014, p. 12) comentan que para lograr esto es necesario dejar atrás:

1. Planteamientos puramente locales y a corto plazo, porque los problemas sólo tienen solución si se tiene en cuenta su dimensión glocal (a la vez local y global).
2. La indiferencia hacia un ambiente considerado inmutable, insensible a nuestras pequeñas accio-

nes; esto es algo que podía considerarse válido mientras los seres humanos éramos unos pocos millones, pero ha dejado de serlo con más de 7000 millones.

3. La ignorancia de la propia responsabilidad: por el contrario, lo que cada cual hace –o deja de hacer– como consumidor, profesional y ciudadano, tiene importancia.
4. La búsqueda de soluciones que perjudiquen a otros: hoy ha dejado de ser posible labrar un futuro para los nuestros a costa de otros; los desequilibrios no son sostenibles.

Adicionalmente, requerirá de “esfuerzos para comprender los fenómenos de manera global y vinculando las ciencias naturales, las ciencias sociales y las humanidades” (Vilches y Gil, 2015, p. 49), y esto se puede considerar como un relevante avance al deponer particularmente las visiones reduccionistas del conocimiento científico, y por lo tanto, el conocimiento sustentable nos permite ahora contar con una visión de carácter holístico para realizar acciones que han de conllevar soluciones a las problemáticas actuales que nos aquejan (Komiya y Takeuchi, 2006).

A lo anterior habrá que añadir lo que comentan Vilches y Gil (2015, p. 52), quienes exponen que

es necesario incorporar en la investigación y toma de decisiones a personas cuyo trabajo habitual se desarrolla fuera del ámbito académico, ya que los objetivos, conocimientos y posibilidad de intervención de la ciudadanía resultan imprescindibles para definir y poner en práctica estrategias viables. Se trata, pues, de una ciencia transdisciplinar [y sustentable] que potencia la participación ciudadana desde el origen mismo de los estudios realizados, es decir, que apuesta por una plena integración ciencia/sociedad que rompa el aislamiento del mundo académico y multiplique la efectividad del trabajo conjunto.

De esta manera se busca edificar un nuevo paradigma de sustentabilidad en derredor del ambiente que es tipificado como

el conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y el desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados (Ibarra, 2013, p. 26).

CONSIDERACIONES FINALES

El conocimiento sustentable plantea la aplicación de distintos saberes emanados y desarrollados por distintos núcleos sociales, es así que requiere de una nueva apertura en la comprensión de nuestra realidad. Por ello, Casas *et al.* (2017, p. 114) aseveran que la

ciencia para la sustentabilidad es un campo de investigación que en las últimas décadas ha crecido exponencialmente en las publicaciones científicas del mundo [...]. Surge de reconocer las limitaciones de los enfoques científicos y tecnológicos convencionales contemporáneos para entender y atender la grave crisis ambiental a escala planetaria.

Por lo aludido, el conocimiento sustentable exige la inter y transdisciplinariedad, con un punto de vista tanto local como global, considerando una escala de tiempo bastante amplia, para valorar adecuadamente los efectos de las intervenciones humanas en un breve, mediano y prolongado plazo.

Por esta razón, este conocimiento sustentable cuenta con una portentosa trascendencia y su constitución debe ser una obligación, particularmente para los cuerpos académicos y de investigación de las instituciones de educación superior, para tener un mayor discernimiento y vigilancia de las contrariedades socioambientales que actualmente nos acongojan. Pero, además, para conjugar los conocimientos científicos y tradicionales en un conocimiento sustentable, y enriquecer de esta manera el capital intelectual con el que cuenta la sociedad humana.



REFERENCIAS

Barne, D.L y Wadhwa, D. (2018). *Banco Mundial Resumen anual: El año 2018 en 14 gráficos*. Recuperado de: <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2018/12/21/year-in-review-2018-in-14-charts>

Bunge, M. (1981). *La ciencia: su método y su filosofía*. Buenos Aires: Siglo XXI Editores.

Cantú-Martínez, P.C. (2012). Discurrir y apropiamiento de la ciencia por la sociedad. En: P.C. Cantú Martínez (Ed.). *Sustentabilidad Científica. Introversión sobre la Ciencia, Conciencia y Racionalidad Social*. (pp. 25-32).

México: Clave Editorial/Universidad Autónoma de Nuevo León.

Carbonell, E. (2018) *Elogio del futuro. Manifiesto por una conciencia de la especie*. Barcelona: Arpa Editores.

Casas, A., Torres, I., Delgado-Lemus, A., *et al.* (2017). Ciencia para la sustentabilidad: investigación, educación y procesos participativos. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 88: 113-128.

Chalmers, A.F. (1990). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia? Una valoración de la naturaleza y el estatuto de la ciencia y sus métodos*. México: Siglo XXI Editores.

Gavito, M.E., Van Der Wal, H., Miriam Aldasoro, E., *et al.* (2017). Ecología, tecnología e innovación para la sustentabilidad: retos y perspectivas en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 88: 150-160.

Ibarra, V.I. (2013). Ciencia y desarrollo sustentable. *Comercio Exterior*. 63(6): 17-29.

Komiyama, H., y Takeuchi, K. (2006). Sustainability science: building a new discipline. *Sustainability Science*. 1(1): 1-6.

Novo, M. (2006). *El desarrollo sostenible. Su dimensión ambiental y educativa*. Madrid: UNESCO/Pearson.

Rees, M. (2019). *En el futuro*. Barcelona: Editorial Crítica.

Sachs, J. (2008). *Economía para un planeta abarrotado*. Barcelona: Debate.

Stenger, I. (2019). *Otra ciencia es posible*. Barcelona: Ned Ediciones.

Vessuri, H. (2016). *La ciencia para el desarrollo sostenible*. Montevideo: UNESCO.

Vilches, A., y Gil, D. (2015). Ciencia de la sostenibilidad: ¿una nueva disciplina o un nuevo enfoque para todas las disciplinas? *Revista Iberoamericana de Educación*. 69(1): 39-60.

Vilches, A., Macías, O., y Gil-Pérez, D. (2014). *La transición a la Sostenibilidad. Un desafío urgente para la ciencia, la educación y la acción ciudadana. Temas clave de reflexión y acción*. Madrid: OEI.



La construcción de sustentabilidad desde una perspectiva socioambiental. Entrevista a la doctora

Leticia Merino Pérez

María Josefa Santos Corral*

58



Leticia Merino tiene un doctorado en Antropología Social por la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM. Es investigadora titular del Instituto de Investigaciones Sociales de la UNAM y miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Ha sido coordinadora de proyectos de investigación en el tema de manejo sustentable de bosques por comunidades, en México y Centroamérica. También ha trabajado sobre la gestión de recursos comunes desde la perspectiva de la sustentabilidad y en la construcción de agendas ambientales, temas sobre los que ha publicado artículos, libros y capítulos de libros. Su quehacer se encuentra vinculado a organismos internacionales y a asociaciones civiles nacionales e internacionales preocupadas por el manejo del ambiente. El trabajo de la doctora Merino se caracteriza, además, por construir sus temas y problemas de investigación y de intervención desde una perspectiva trans e interdisciplinaria.



* Universidad Nacional Autónoma de México.

Contacto: mjsantos@sociales.unam.mx

◆ **¿Cómo inicia su carrera en investigación?
¿Cómo descubre su vocación de investigadora?**

Siempre concebí mi vida estudiando y trabajando porque me gustó mucho el estudio. Estudié Psicología Clínica y Social y la vida me llevó al campo de las comunidades campesinas, primero en la región Purépecha, donde estuve hace 40 años, cuando todavía estudiaba. Ahí me hice amiga de la gente en la comunidad de Santa Fe de la Laguna y me involucré en sus luchas por la defensa de tierras comunales. En esta comunidad, donde era asistente de la asistente, empecé a entrevistar gente y a escribir en un pequeño periódico local y me gustó. Luego cursé dos maestrías con la idea de entender los procesos sociales de cambio. Una en la Facultad Latinoamericana de Estudios Sociales, mientras trabajaba en la Universidad de Querétaro, en la que realicé una tesis sobre sindicalismo. Siempre me gustó mucho el tema de comunidades campesinas, y al salir de la maestría hice, junto a mi hija, un trabajo como voluntaria en la diócesis de San Cristóbal de las Casas, ayudando en la constitución de los primeros campamentos de refugiados guatemaltecos formados por Samuel Ruiz, y ese fue mi tema de tesis de la siguiente maestría en Población y Desarrollo, que cursé en el Center for Development Studies de la Universidad Nacional de India “Jawaharlal Nehru University”, a donde llegué cuando al solicitar trabajo en el Consejo Nacional de Población, me ofrecieron o una dirección de área o seguir estudiando en ese programa que apoyaba el Fondo de las Naciones Unidas para Actividades de Población y Desarrollo. Creo que durante mucho tiempo fui la única mexicana que tenía un diploma de esa universidad. En la maestría tomé una materia sobre población y desarrollo sustentable, me involucré más en el tema a través de amigos del Grupo de Estudios Ambientales, quizá la primera ONG ambientalista en México.

En aquel entonces mi afán, que coincidía con el de otros investigadores como Víctor Toledo, Enrique Leff y Julia Carabias, era mostrar la manera en que algunas comunidades campesinas podrían tener un mejor manejo del ambiente que el que se sigue en la agricultura comercial. Así trabajé en el Programa de Aprovechamiento Integral de los Recursos Naturales (PAIR), que coordinaba Julia Carabias, en la montaña de Guerrero. A partir de ésta y otras experiencias me di cuenta de la complejidad de los temas de manejo de recursos naturales, por

comunidades y otros actores, resultado de una conjunción de factores diversos que favorecen en unos casos, e imposibilitan en otros, la conservación y la sustentabilidad, que en ningún caso puede ser entendida a partir de fórmulas simples o meramente ideológicas.

Cuando ingresé al doctorado trabajaba para la Fundación Interamericana, que apoyaba importantes proyectos para el desarrollo rural comunitario, esto me permitió asomarme a diferentes regiones del país, sobre todo del sur de México, donde encontré lo que ha sido un tema central en mi vida profesional: el manejo de los bosques por comunidades campesinas, muchas de ellas indígenas, sus prácticas de uso y conservación, sus formas de organización y gobierno que se basan en la tenencia colectiva de la tierra. En este aspecto quiero comentar que 52% del territorio forestal mexicano está manejado por ejidos y comunidades. La organización social a partir de la que se toman las decisiones impone candados a lo que uno como individuo quiere hacer, por ejemplo, sobreexplotar el agua de un lugar.

Por otro lado, en los ochenta hubo un extenso movimiento de las comunidades forestales de distintas regiones del país, para recuperar el control de los bosques que habían sido concesionados por el gobierno federal a empresas extranjeras y paraestatales. Estos movimientos exitosos condujeron, en distintos casos, a un manejo sustentable del bosque. En Oaxaca encontré esto con mayor fuerza y claridad, y he venido trabajando en la región de la Sierra de Juárez desde hace más de 25 años, particularmente en Calpulalpan de Méndez, una comunidad con alto nivel educativo, con una organización social impresionante (la gente se reúne cada mes y discuten desde dónde se tira la basura hasta cómo se maneja el agua y el bosque), y con cuatro empresas comunitarias que generan empleo y cuyos beneficios no se distribuyen entre los socios, sino que se usan para mejoras del pueblo.

En suma, Calpulalpan es una pequeña utopía. Otra gran, gran, gran influencia fue encontrarme saliendo del doctorado con la doctora Elinor Ostrom. Yo había usado su libro *El gobierno de los bienes comunes* para la tesis de doctorado, pero la conocí cuando le presenté un proyecto basado en su propuesta teórica-metodológica y me invitó a hacer un posdoctorado con ella, a partir de allí mantuvimos una relación de colaboración y amistad durante 15 años, hasta su muerte. También en ese tiempo participé en la creación de una ONG que impulsa de distintas maneras el control y manejo comunitario de los bosques, el Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura, del que soy miembro fundadora y con el que participo hasta hoy.

Siempre he tratado de tener un pie en el activismo y otro en la academia, con la convicción de que puedes vincularte, tener incidencia y hacer trabajo académico, yo creo que esto no es incompatible, lo que sí implica es trabajar el doble o el triple.

◆ **¿Qué aspectos influyeron para su desarrollo como investigadora y como promotora del manejo sustentable de los recursos comunitarios?**

En principio el darme cuenta de que el asunto de las prohibiciones radicales de uso impuestas a los campesinos, bajo la forma de vedas o áreas naturales protegidas, no llevaba a un mejor manejo de los bosques, pues al quitarle los derechos a la gente se afectan sustancialmente sus formas de vida y sus fuentes de empleo e ingreso; por otra parte, al no haber esquemas de monitoreo, se genera mayor sobreexplotación y exclusión social. Por el contrario, donde hubo un manejo comunitario, los bosques se habían conservado más; nosotros proponíamos mayor capacitación para la gente. Influyó también mi participación en el PAIR con Julia Carabias y un diplomado que tomé en el Colegio de México. Por supuesto, académicamente, de manera muy importante, la doctora Ostrom.

Puedo decir que en diferentes momentos han influido cosas distintas, en éste lo que ha influido mucho es el seminario de Agenda Ambiental.

◆ **¿Cómo combina los factores sociales, biológicos y ecológicos en la construcción de sus problemas de investigación?**

Hay varias cosas, primero entender que no basta una sola perspectiva, los problemas son muy complejos. Ostrom decía que la complejidad no es sinónimo de caos y que si tienes enfoques reduccionistas vas a crear visiones y políticas públicas muy disfuncionales. Por ejemplo, si en el tema de conservación de la biodiversidad dejas de lado los aspectos sociales, generas marginación y conflicto. En cada problema tienes que ser capaz de ubicar cuáles son las perspectivas pertinentes. Se requiere también humildad epistemológica para reconocer que tu visión es una, pero no la única, y a menudo ni siquiera la más importante. Para hacer trabajo interdisciplinario tienes que conocer también el lenguaje del otro, si bien no te puedes volver especialista en todo, sí tienes que ser alfabeto en otras disciplinas,

ponerte a estudiar y a leer sobre lo que hacen los otros, no bastan las buenas intenciones para generar mínimamente un lenguaje común.

Otro tema importante es el de aprender a trabajar juntos, como ejemplo puedo citar lo que se ha hecho en el Posgrado de Sustentabilidad, donde hemos visto lo difícil que es construir juntos. Puedes llegar a trivializar la problemática y la disciplina del otro, sobre todo en lo social, pues como la gente tiene experiencia social piensa que este campo es transparente y no se requiere mayor reflexión teórica. Se necesita tener lenguaje para poder construir conjuntamente problemas y formar más académicos que busquen resolver problemas. Un ejemplo es lo que ocurre con una tesis sobre minería a cielo abierto que dirijo, en la que se han documentado problemas ambientales muy fuertes, pues la actividad minera destruye la geología y los cuerpos de agua subterráneos, para explicar esto y combatirlo hay que ir más allá de grandes explicaciones que aluden al neoliberalismo o al capitalismo, casi como palabras mágicas. Ahora, luego de mucho reflexionar con los miembros del comité de tesis entre los que hay biólogos, economistas y sociólogos, propusimos como objetivo de la tesis generar una metodología de evaluación socioecológica de los impactos de la mina, que pueda servir a Semarnat como instrumento para aplicar a lo largo de la vigencia de las concesiones mineras, y cancelarlas o redirigirlas si es necesario (como sucede generalmente).

Entonces necesitamos gente que trabaje hidrología y otro que trabaje desiertos, pero que además quieran colaborar. El construir un equipo así, pasa por manejar el lenguaje que se necesita para construir el problema. Esta reflexión se puede encontrar en el libro póstumo de Ostrom de *Trabajar juntos*.

◆ **¿Cómo hace una científica social para insertarse y construir redes interdisciplinarias para abordar el tema de la sustentabilidad?**

Una cosa te lleva a la otra, si tienes voluntad o ganas de incidir, las demandas están ahí. El reto es construir equipo o redes para poder responder a las demandas, incidir más eficientemente y rebasar el voluntarismo. Por otro lado, está la iniciativa del posgrado que es interdisciplinario, y a partir de mi participación en la Agenda Ambiental 2018, en la que participaron 40 académicos de la UNAM y otras instituciones, y que presentamos el año pasado a las distintas campañas que compitieron por la Pre-

sidencia de la República, tengo solicitudes en los medios de comunicación, como radio UNAM, Aristegui noticias, entre otros medios.

Por otro lado, es importante la manera en que se toman las decisiones, en este sentido ser hijo en una familia grande hace que aprendas a tomar decisiones de una manera muy democrática, aunque a veces esto cuesta cuatro veces más tiempo. El reto es construir consensos y dar espacios a los otros, construir comunidad y colectividad. También hice muchas redes cuando trabajaba con Ostrom, como la que tengo con el vicerrector de la Universidad de los Andes, que es el nodo de América Latina para la evaluación de los Objetivos de Desarrollo Sustentable de las Naciones Unidas. A través de Ostrom y de la Asociación Internacional para el Estudio de los Bienes Comunes, de la que fui presidenta, conocí gente maravillosa en distintas regiones del mundo. Elinor, aunque era muy académica, tenía la preocupación de que la teoría sirviera para la solución de problemas y eso te vincula con más gente.

◆ **¿Cuál considera que es el aporte que puede hacer una científica social en el tema de la sustentabilidad?**

Mi aporte, que es el de muchos, es insistir en la complejidad de los problemas ambientales bajo mi-

radas socioambientales. En este momento estoy tratando de iniciar un grupo que llamamos *Task Force* en la asociación de Bienes Comunes, que trabaje sobre la integración conceptual de la teoría de los bienes comunes y la acción colectiva y la ecología política que está fuertemente influenciada por el pensamiento marxista, una corriente que ha tenido gran influencia en América Latina, región que he tratado de integrar en las discusiones internacionales. Esta región presenta muchas particularidades, como los 300 años de colonialismo, la larga orientación extractivista de la economía, la desigualdad extrema y la polarización social.

Tenemos la intención de articular ambas perspectivas en la formulación de preguntas relevantes en torno a las graves crisis ambientales presentes en el subcontinente y en México. Por ejemplo, para caracterizar el papel del extractivismo, o el rol que le toca a México en los mercados globales, articulándolo con la teoría de los bienes comunes y la acción colectiva; poniendo el ojo en cómo construir sustentabilidad desde abajo, cómo construir gobierno participativo para el manejo de los recursos y de socioecosistemas desde una perspectiva de construcción social desde abajo, a la vez cómo fortalecer los marcos legales y los movimientos sociales en defensa de los territorios y los bienes naturales que son generalmente bienes comunes.



Elinor Ostrom y Leticia Merino.

Tratar de construir preguntas pertinentes para asumir los grandes problemas socioambientales del mundo de hoy recurriendo a conceptos de cuerpos teóricos para tener marcos interpretativos más comprensivos. Partiendo siempre de una idea que compartió conmigo Elinor Ostrom y que me gustó mucho: desde la ideología puedes hacer las preguntas, pero no construir las respuestas, éstas se generan a partir del trabajo académico.

♦ **¿Hasta dónde y en qué han contribuido los hallazgos de sus investigaciones en el manejo sustentable de las comunidades con las que trabaja?**

He contribuido a conformar equipos interdisciplinarios. Paradójicamente, yo me siento más reconocida entre mis pares de ciencias duras que entre los científicos sociales. He contribuido en el manejo de las comunidades forestales en Oaxaca. Algunos de los resultados de mi investigación y de los postulados de Ostrom se incorporaron en reglamentos para el manejo de bosques en comunidades del sur del país. Por ejemplo, me conmovió mucho encontrar, el año pasado, cuando fui con un grupo de estudiantes a Calpulalpan, con el comisario de los bienes comunales, que es un gran amigo, que en el aula estaba dando una plática a los estudiantes de bachillerato y secundaria sobre el gobierno tradicional de la comunidad, para lo cual citaba mi trabajo.

Para lograr esto se requiere de programas orientados a tener este propósito. Por ello hace como dos o tres años hicimos un curso masivo en línea sobre bienes comunes, no sé cuáles son los impactos, pero han llegado estudiantes a buscarme y tenemos como 800 graduados, ahora voy a Colombia, a principios de agosto, para ver la posibilidad de hacer, junto con la Universidad de los Andes, un curso masivo en línea sobre los problemas ambientales en América Latina. El impacto ya no sólo se da a partir de la relación cara cara en cursos presenciales o en visitas a comunidades, sino también por medios electrónicos. También estamos pensando en construir, junto con esa universidad, una red para monitorear el desempeño de alguno de los Objetivos de Desarrollo Sustentable de la Agenda 2030 de la ONU.

Otra de las cosas que hice como presidenta de la Asociación Internacional fue organizar el premio Elinor Ostrom, que se otorga en tres categorías para investigadores consolidados, investigadores que

inician y para quienes tienen práctica profesional en el tema. También traduje los libros de Ostrom buscando difundir su perspectiva en México y América Latina.

Desde hace tres años coordino el Seminario Universitario “Sociedad, Medio Ambiente e Instituciones”, con el que buscamos promover cambios de leyes y normativas que contribuyan a la sustentabilidad del país. Somos parte de la campaña que lidera la Organización “Agua para todos, agua para la vida”, con fuerte impulso de la UAM, para cambiar la Ley Actual sobre el agua que se publicó, como la Ley Minera, en la antesala de la firma del TLCAN, y que ha propiciado un verdadero desastre sociohídrico en el país.

Hemos tenido seminarios en el Senado de la República. También nos parece muy importante promover cambios a la Ley Minera y a la Ley de Responsabilidad Ambiental. Para ello ha sido importante contar con una estrategia de comunicación para ser más visibles y hacer que la gente se entere de los desastres mineros, y de lo que implica la producción sustentable. Que los ciudadanos sepan qué está pasando. Vamos a empezar una campaña para salvar los ríos Magdalena y Atoyac para establecer el tema de los derechos de los ríos. Ojalá logremos impulsar, junto con la ciudadanía y los legisladores, cambios sustantivos en estos temas durante la presente Legislatura.

♦ **¿Qué le ha dado la UNAM a usted y qué es lo que usted ha dado a la UNAM?**

La UNAM me ha dado una posibilidad increíble y maravillosa de hacer lo que a mí me gusta, además de crecer, compartir y tener contacto con jóvenes que para mí es un tema muy importante. Ahorita tengo muchos estudiantes. Creo que yo he aportado, con la formación del Posgrado en Sustentabilidad y con el Seminario de Agenda Ambiental, a crear un grupo para dar seguimiento a los problemas socioambientales del país, que son muchos y muy tremendos.



El Golfo de California y sus maravillas escondidas



Julio Verne, en *Viaje al centro de la Tierra*, describe un mundo maravilloso en el centro de nuestro planeta, con plantas exuberantes, animales prehistóricos y muchas cosas más; aunque parece alejado de la realidad, déjame decirte que no es del todo imposible, pues algo parecido ha sido descubierto en las profundidades del Golfo de California, se trata de un extraño mundo lleno de maravillas, de nueva vida oceánica.

Este ecosistema de “otro mundo” fue explorado recientemente por científicos de los Estados Unidos y México. Su expedición se centró en un campo de ventilación hidrotermal previamente inexplorado, un área en el fondo marino donde el volcanismo ha calentado el agua, en la Cuenca de Pescadero, cerca de la Península de Baja California.

En ese lugar, los investigadores encontraron agujeros en el lecho marino “derramando fluidos a alta temperatura” y sedimentos humeantes “cargados con aceite de color naranja y el hedor a huevo podrido del sulfuro”. La expedición también capturó

imágenes de extraños lagos y cascadas invertidos, formados como fluidos super calientes que salían de un respiradero y se agrupaban bajo el borde de una caverna submarina.

“El océano profundo sigue siendo una de las fronteras menos exploradas en el sistema solar”, expresó Robert Zierenberg, investigador principal y profesor emérito de la Universidad de California Davis.

El equipo nombró al nuevo campo de ventilación *Jaich Maa*, que significa “metal líquido” en idiomas indígenas de la Península de Baja. Una de las características destacadas de *Jaich Maa* fue una enorme caverna de calcita llamada *Tay Ujaa*, o “cueva grande”, el cual contenía un charco de agua reluciente metálica, un efecto creado por el fluido hidrotermal a alta temperatura, que fluía sobre el borde y hacia una cascada invertida.

También tomaron muestras de organismos de apariencia extraterrestre, como microbios azul difusos y *Xenoturbella*, un gusano marino que ha sido cariñosamente comparado con un “calcetín arrugado”. Los investigadores confían en que las nuevas especies se identificarán a través del análisis de ADN aún por venir. Las aguas de más de 500° Fahrenheit alrededor de los respiraderos hidrotermales también estaban llenas de otras especies: gusanos de tubo, anémonas y gusanos de escala azul.

La Cuenca de Pescadero fue descubierta por primera vez en 2015 por una expedición de la Institución de Investigación del Acuario de la Bahía de Monterey. Esta expedición actual fue conducida a bordo del bu-

que *Schalgt Ocean Institute Falkor* (Fuente: Universitam)

Primavera adelantada



Cuando estudiamos Conocimiento del medio en la escuela, se nos enseña que la primavera inicia el 21 de marzo, pero según hemos visto en los reportes climatológicos por la televisión, esto no es del todo exacto. Al respecto, un estudio elaborado por un grupo internacional de expertos ha calculado por primera vez de forma global la velocidad del cambio climático. Los datos muestran, entre otras cosas que, tanto en tierra como en el mar, la primavera se adelanta dos días cada diez años, y que las especies, además de desplazarse “continuamente”, utilizan otras técnicas para adaptarse.

Una investigación en la que han participado científicos de todo el mundo ha medido el ritmo al que se está produciendo el cambio climático global y cómo estas variaciones afectan al rango de distribución de las especies y a la llegada de las estaciones. El trabajo, publicado en *Science*, analiza los regímenes térmicos y muestra que se desplazan hacia latitudes más altas 27 kilómetros cada diez años. “Este hecho se refleja en la variación en la distribución de

las especies”, explica Carlos Duarte, investigador del Instituto Mediterraneo de Estudios Avanzados (IMEDEA, CSIC-UIB). También añade que la señal térmica que marca el comienzo de la estación primaveral se adelanta unos dos días cada diez años, tanto en los continentes como en los océanos.

En ecosistemas terrestres, el calentamiento se ha producido tres veces más rápido que en los océanos, lo que ha obligado a sus poblaciones a cambiar su distribución continuamente para mantenerse en el mismo régimen térmico. Además de desplazarse, las especies han modificado el momento de la reproducción o la puesta de huevos.

Sobre los océanos, los científicos han trazado los mapas de todas estas transformaciones y han observado que las áreas donde las especies están más afectadas son también las más ricas en biodiversidad. El mayor impacto se produce en torno al ecuador, donde existen puntos calientes de biodiversidad marina. La rapidez del cambio climático en estas zonas supera los 200 kilómetros por decenio.

“Cuando la velocidad del cambio climático supera la velocidad de dispersión de los organismos, o cuando existen barreras que la impiden, las especies sólo pueden adaptarse o extinguirse”, agrega Duarte.

El estudio, que ha medido los cambios térmicos a partir del análisis de las temperaturas superficiales globales de los últimos 50 años, forma parte de un programa internacional

para evaluar los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas marinos (fuente: Burrows, M.T., Schoeman, D.S., Buckley, L.B., *et al.* (2018). *The Pace of Shifting Climate in Marine and Terrestrial Ecosystems. Science*).

¿Una rueda triangular?



La rueda circular no es siempre la mejor opción para un auto, sobre todo si éste es todo terreno y tiene que andar en campos poco amigables. Pero sería mucho mejor que fuera ambas, redonda y triangular, a la vez; nah, seguro sólo pasa en las películas, dirás. Pues déjame decirte que no, ya que una rueda de auto que puede transformarse a una forma triangular, desarrollada por el Centro Nacional de Ingeniería Robótica de la Universidad Carnegie Mellon, ha ganado el Premio de Ciencia Popular “Lo Mejor de lo Nuevo”.

La rueda reconfigurable, NREC reconfigurable, en la pista puede transformarse de un modo a otro en menos de dos segundos, mientras que el vehículo está en movimiento, lo que permite que el vehículo se mantenga en el modo de rueda para funcionar a altas velocidades en las

carreteras y cambiar rápidamente a modo de seguimiento para enfrentar los desafíos en las carreteras fuera de terreno.

El dispositivo fue reconocido por *Ciencia Popular* con el mejor de los nuevos premios en la categoría de seguridad. La revista presenta los premios anuales de 100 nuevos productos y tecnologías en diez categorías, incluyendo aerosol, hospitalidad y salud.

“The Best of What’s New Awards” permite la oportunidad de examinar y honrar a las mejores innovaciones del año. Dimi Apostolopoulos, científico de sistemas de alto nivel e investigador principal para el proyecto de la rueda de la pista del CMU Robotics Institute, dijo que la rueda-carril que cambia de forma tiene una serie de posibles aplicaciones civiles, así como usos en la agricultura, la minería, la construcción, la silvicultura y el transporte. También se puede utilizar en vehículos de distintos tamaños, tanto de equipo pesado como para los vehículos recreativos.

Otros grupos de investigación han construido dispositivos similares al NREC reconfigurable de rueda de dirección, pero los diseños anteriores necesitaban detener el vehículo para transformarlo de un modo a los demás modos, dijo Apostolopoulos. La capacidad para hacer estas transformaciones en la marcha es un requisito crítico para los vehículos que deben manejar la mudanza de tierra en alta velocidad.

La rueda de desplazamiento tiene una goma que atiende marco a mar-

co y que puede cambiar de forma. La rueda de rotación se transforma en un *track* por medio de un soporte *Y-shaped*, que pone el marco en una forma triangular. Simultáneamente, la aplicación de una frenada detiene la rueda de giro y provoca el cambio de la dirección de giro de la rueda para que se convierta en un conjunto de *gears* para la pista.

Los vehículos han sido capaces de alcanzar 50 kilómetros por hora en modo de marcha y casi 30 mph en modo de seguimiento. El dispositivo ha sido capaz de transformar del modo de marcha a modo de velocidad a altas velocidades de 25 mph y desde el modo de marcha a través de las ruedas de marcha en alrededor de 12 mph (fuente: Amazing).

Empatía con los insectos



¿Alguna vez viste *Bee movie?*, ¿te acuerdas de que Barry (la abeja protagonista) decide demandar a la raza humana para poner fin a la explotación de las abejas? Pues no estamos muy lejos de vivir algo similar, claro, no nos demandará una abeja, pero este año, ambientalistas alemanes recolectaron 1.75 millones de firmas para una ley con miras a “salvar a las abejas”, la cual requiere

una transición inmediata hacia la agricultura orgánica. Pero para crear ecosistemas saludables en todo el mundo, las personas tendrán que tomar medidas similares basadas en la empatía hacia los insectos, y no sólo por las abejas y mariposas, según los entomólogos Yves Basset, del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, y Greg Lamarre, de la Universidad de Bohemia del Sur, en un artículo publicado en *Science*. Los autores presentan acciones inmediatas basadas en la ciencia para mitigar la disminución de los insectos.

“Lo que es nuevo es el claro llamado a presentar nuestra investigación de manera que todos puedan entenderla, porque las comunidades necesitan información específica para justificar las iniciativas políticas locales”, comentó Basset, quien coordina un proyecto para monitorear insectos en nueve países como parte de la investigación del programa ForestGEO del Smithsonian.

“Se necesita una legislación específica para preservar la increíble variedad de insectos en el mundo, y los servicios críticos que brindan al detener la destrucción de hábitats naturales, limitar la construcción de caminos en parques y reservas y producir alimentos sin el uso de pesticidas”, comentó Basset. “Conservar insectos no es lo mismo que conservar grandes mamíferos o ranas raras. No puedes mantener a millones de insectos en un zoológico”.

Un artículo reciente en *Entomology Today* sugiere que los programas exitosos para salvar insectos tienen un objetivo claro y simple y

una audiencia elegida estratégicamente. Al centrarse en las abejas y las mariposas, además de otros insectos hermosos y familiares, es posible promulgar leyes para proteger el hábitat de especies menos conocidas, menos atractivas, pero igualmente importantes (fuente: Smithsonian Tropical Research Institute).

En peligro las relaciones entre especies



¿Alguna vez has visto un árbol con los frutos todos picoteados por las aves? Pasa muy a menudo, y muy a menudo también la gente suele espantarlas para que no lo hagan más, incluso ponen espantapájaros con el fin de ahuyentarlas, o peor aún, las cazan sin remordimientos ni control, pero déjame decirte que eso puede traer consecuencias muy graves. Al respecto, un equipo internacional, con participación de investigadores de la Estación Biológica de Doñana (EBD), centro del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en Sevilla (España), ha determinado en un estudio reciente que la actividad humana está poniendo en peligro muchas relaciones beneficiosas entre especies, como es el caso de la jacutinga (*Pipile jacutinga*), ave frugívora, natural de la Selva atlántica, en

Brasil, y que es una de las principales dispersoras de las semillas del palmito dulce (*Euterpe edulis*). El estudio apareció en *Science Advances*.

La investigación, en la que también participan científicos de la Universidad Estatal de São Paulo (UNESP) en Río Claro, Brasil, apunta que algunas interacciones entre las aves y las plantas son bastante más antiguas que otras, por lo que la extinción de una de las partes provocaría una gran pérdida de la historia evolutiva.

En opinión de Mauro Galetti, profesor de UNESP, y uno de los autores del estudio, “los seres humanos están actuando en la Tierra como el meteorito que mató a los dinosaurios. No sólo estamos empobreciendo la biodiversidad de nuestro planeta, sino también empobreciendo la historia evolutiva de la Tierra”.

En opinión de Carine Emer, investigadora de UNESP y líder del estudio, “cuando observamos a un ave comiendo un fruto y dispersando sus semillas, en realidad estamos observando millones de años de la historia evolutiva de las especies involucradas en esa interacción. Descubrimos que el tiempo de estas asociaciones entre especies puede ayudarnos a comprender y minimizar los impactos de la extinción de la biodiversidad”, puntualiza.

La investigación enfatiza que las historias evolutivas más antiguas realizan funciones únicas en la naturaleza. Es el caso de la relación entre la jacutinga y el palmito juçara que, combinados, representan cerca de

130 millones de años de información evolutiva única. “La jacutinga es una de las aves más cazadas en la Selva atlántica y, si se extingue, llevará consigo la desaparición de la historia evolutiva de todas las interacciones que establece, incluida la dispersión de semillas del palmito”, apunta Galetti, investigador de la UNESP y uno de los autores del estudio.

Pedro Jordano, investigador del CSIC y coautor de esta publicación científica añade: “La extinción de interacciones ecológicas –como las que implican a animales frugívoros o polinizadores– puede acontecer mucho antes de que se pierdan las especies que intervienen en ellas, por ejemplo, por los efectos de la sobrecaza. Con ello tenemos una pérdida de biodiversidad que aún no hemos cuantificado, pero cuyos efectos son sustanciales y devastadores, como demostramos en este trabajo” (fuente: CSIC/DICYT).

Contaminadas casas chilenas



Quizá hayas escuchado de las alertas ambientales en algunas ciudades, en las cuales, entre otras recomendaciones, se indica no salir de casa pues el aire no es muy puro que digamos.

Pero ¿te has preguntado si el aire dentro de nuestra casa es “tan saludable”, o mejor que el de afuera? Pues bien, déjame decirte que nueve de las diez ciudades más contaminadas de Sudamérica son chilenas. Así lo ha establecido un informe elaborado por Greenpeace y AirVisual, que midió los niveles de material particulado fino y concluyó que los sectores centro y sur de ese país albergan las urbes con mayor polución.

En este ranking figuran Osorno, Temuco y Rancagua, tres ciudades donde un equipo del Laboratorio de Óptica y Semiconductores del Departamento de Física de la Universidad de Santiago de Chile comparó la contaminación generada por estufas a leña contra la producida por estufas a gas al interior de 90 domicilios (30 por cada urbe).

“La gente pasa mucho más tiempo al interior de sus casas. En algunos casos, llega a ser casi 90% del tiempo, por lo que es muy importante conocer este dato”, afirmó el académico de la Universidad de Santiago y encargado del estudio, Dr. Ernesto Gramsch. “Se sabe que las estufas a leña lanzan material particulado al interior de los domicilios y, además, emiten NO₂ y monóxido de carbono, por lo que se están analizando estos dos gases”, explica.

Para realizar las mediciones, el equipo de la Universidad de Santiago de Chile (USACH) obtuvo sensores de monóxido de carbono y dióxido de hidrógeno, los cuales fueron integrados en una caja con un sistema electrónico donde se encuentra el medidor de material particulado.

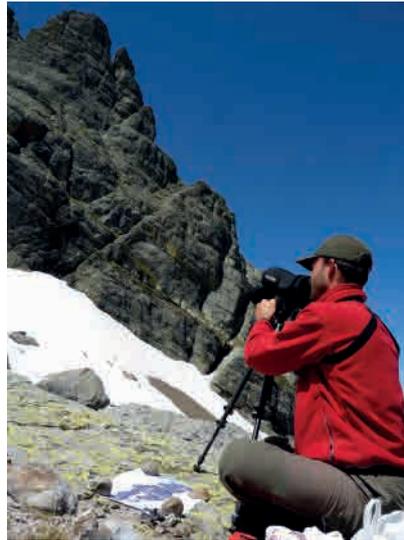
Gran parte del desarrollo, revela el Dr. Gramsch, se efectuó en el laboratorio de la institución.

Para establecer las casas que se miden, éstas debían cumplir una serie de características: que fueran de familias de estratos socioeconómicos C o D, de 60 metros cuadrados y donde la gente no fumara, para no interferir con las emisiones cuantificadas, entre otros requisitos. El proyecto “Comparación en la contaminación intradomiciliaria con estufas a leña y estufas a gas”, fue encargado por la empresa Abastible, indica el académico.

“Vamos a hacer un informe final, pero además intentaremos publicar los resultados en alguna revista científica, ya que la manera de avalar que los resultados sean científicamente correctos es obteniendo publicaciones”, concluye (fuente: USACH / DICYT).

Matemáticas para controlar especies amenazadas

¿Has visto plantas en las paredes de las montañas? Se ven preciosas, y nosotros jamás nos detenemos a pensar cómo sería protegerlas si se encuentran en peligro en un lugar así. Pues bien, unos investigadores han diseñado un nuevo método, a partir de simulación matemática, con el que son capaces de realizar censos de plantas que habitan en entornos extremos, como paredes verticales de roca, con la máxima



precisión, pero ahorrando tiempo y buena parte de los recursos materiales y personales. Este avance es obra de especialistas del Centro Tecnológico Forestal de Cataluña (CTFC) y del Departamento de Biodiversidad y Gestión Ambiental de la Universidad de León (ULE), en España, que, desde hace años, trabajan en el seguimiento de la especie *Primula pedemontana* en la Montaña Palentina.

Se trata de un taxón de gran interés: una planta originaria de los Alpes que, en la península Ibérica, reduce su distribución a un pequeño reducto al oeste de la Montaña Palentina. “Está al límite de su distribución y es probable que se haya extinguido en zonas intermedias. Creemos que llegó aquí en un momento en que el clima era más benévolo y que sólo queda un reducto en el Macizo del Curavacas, aunque esto es sólo una hipótesis.”, subraya la investigadora.

Pero realizar el seguimiento de esta especie es una tarea muy com-

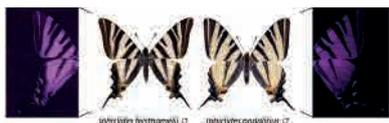
pleja: esta planta tiene un periodo de floración corto y variable, el lugar donde crece –paredes de roca– es inaccesible, las condiciones meteorológicas de la época en que se realiza el censo –la primavera– son muy duras y los recursos materiales y personales mínimos.

De toda esta problemática surgió la necesidad de desarrollar un método simplificado que permitiera obtener la misma información, pero de forma más eficiente. Para ello, modificaron una metodología existente para estudiar plantas en el Pirineo que crecen en lugares inaccesibles. Mediante dispositivos ópticos –un telescopio terrestre– contaron las poblaciones de plantas presentes en la pared de roca. Previamente, se evaluó a los observadores para reducir el error en el muestreo. La pared se dividió en cuadrículas y, durante dos años, se contabilizó por completo. Una vez que se obtuvieron datos de las plantas presentes en cada una de las cuadrículas se calculó, mediante simulación matemática, el número mínimo de cuadrículas que se debían contabilizar para obtener datos consistentes.

Este método, que podría aplicarse a otras muchas especies de montaña, ha permitido constatar que las poblaciones de *Primula pedemontana* se mantienen, por el momento. La planta se registró en los años cincuenta en las cumbres del Pico Curavacas. Observaciones posteriores la situaron en las paredes del Lago Curavacas, sin embargo, advierten los investigadores, prospecciones sin éxito “llevan a pensar que su altitud ha ascendido casi 200 metros y las

plantas más bajas altitudinalmente, además, presentan un tamaño muy reducido, probablemente debido a un mayor estrés". Si esta tendencia sigue, llegará un momento en que la especie no tenga territorio que ocupar. Por eso es importante realizar un seguimiento anual, para avanzar en su conservación antes de que sea demasiado tarde (fuente: Cristina G. Pedraz / DICYT).

Nueva especie de mariposa



Cuando la policía llegó al garaje de Memphis (Nicholas Cage), en la película *60 segundos*, no encontró nada en los pizarrones, pero cuando pusieron una luz negra apareció la lista de las 50 “chicas” (cada auto tenía un nombre clave de mujer) que el equipo debía robar. Pues bien, algo parecido sucedió con un equipo de investigación del Instituto de Biología Evolutiva (IBE) en Barcelona, un centro mixto del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y de la Universidad Pompeu Fabra (UPF) (España), quienes han descubierto que la mariposa podalirio se divide en dos especies con machos muy distintos bajo la luz ultravioleta. Las mariposas hembra, capaces de ver más allá del visible, probablemente identifican y esco-

gen a los machos de su especie con los que aparearse a partir de esta diferencia de color. La confusión taxonómica se debe a una transferencia genética entre ambas especies mediada por la bacteria *Wolbachia*, que habría infectado primero a la podalirio y transmitido en un cruce contenido genético a la otra especie –la mariposa chupaleches–. Estas dos especies podrían arrojar luz sobre cómo afectan las bacterias parásitas a la evolución de los insectos.

La mariposa chupaleches es uno de los insectos más grandes y bellos de Europa. A pesar de haber atraído la atención de científicos y entusiastas de la naturaleza durante siglos, la clasificación de esta mariposa ha sido siempre cuestionada, pudiendo ser una subespecie de la podalirio (*Iphiclide podalirius*) o bien una especie independiente (*Iphiclide feisthamelii*). Aunque se habían observado diferencias morfológicas sutiles entre ellas, los primeros análisis genéticos no habían revelado grandes diferencias. Ahora, un nuevo estudio liderado por Roger Vila, investigador del IBE (un centro mixto CSIC-UPF) en el Laboratorio de la Diversidad y Evolución de las Mariposas, ha confirmado que la mariposa chupaleches pertenece a una especie distinta a la podalirio.

El equipo de investigación observó diferencias en el tamaño y la morfología de los órganos reproductores de ambas mariposas, aunque la mayor diferencia la encontraron en las alas de los machos. Por medio de fotografía en el ultravioleta (UV), descubrieron que las alas masculinas de ambas especies reflejan la luz

en esta zona del espectro de manera distinta (la mariposa chupaleches muy intensamente y la podalirio de forma residual). Esta diferencia resultó reveladora, puesto que no es detectable a simple vista para los humanos, pero sí para las mariposas, que pueden ver en esta zona del espectro no visible.

Esta capacidad de las mariposas para identificarse en el ultravioleta les permitiría también comunicarse entre ellas de forma “secretada”, esquivando posibles depredadores sin visión más allá del visible. “Estamos empezando a entender cómo las mariposas perciben el mundo y no dejan de sorprendernos sus superpoderes: ven más colores que nosotros, pueden detectar la luz polarizada y sentir el norte magnético, sin mencionar sus refinados sentidos químicos”, añade Vila (fuente: CSIC).

Cuidemos nuestra tierra



Nos estamos acabando la tierra y sus recursos a pasos agigantados y no nos queremos dar cuenta. Además de los 24,000 millones de toneladas de suelo fértil perdido, la degradación de la calidad de la tierra es responsable de la reducción del producto nacional bruto en un 8% cada año. Nuestra tie-

rra se desgasta. Con ocasión del Día Mundial contra la Desertificación y la Sequía, las Naciones Unidas llamaron a proteger el suelo, restaurarlo y utilizarlo de manera más sabia.

“La desertificación, la degradación de las tierras y la sequía son grandes amenazas que afectan a millones de personas en todo el mundo, en particular a mujeres y niños”, aseguró el Secretario General de la ONU en un mensaje difundido con el motivo del Día Mundial de Lucha contra la Desertificación y la Sequía.

Para 2025, dos tercios del mundo vivirán en condiciones de “estrés hídrico”, cuando la demanda supere la oferta durante ciertos periodos, con 1800 millones de personas que experimentarán una escasez absoluta de agua. Es probable que la migración aumente como resultado de la desertificación, y se estima que, para 2045, será responsable del desplazamiento de unos 135 millones de personas.

Por ese motivo, António Guterres señala que es “urgente” cambiar esta tendencia: “Proteger y restaurar la tierra y utilizarla mejor puede reducir la migración forzada, aumentar la seguridad alimentaria y estimular el crecimiento económico.”

El cuidado de la tierra también puede ayudarnos a afrontar la emergencia mundial que nos plantea el cambio climático. El Día Mundial, que crea conciencia sobre los esfuerzos internacionales para combatir la desertificación, se estableció hace 25 años, junto con la aprobación de la Convención de las Naciones Unidas para Combatir la Desertificación, el

único acuerdo internacional jurídicamente obligatorio que vincula el medio ambiente y el desarrollo con la gestión sostenible de la tierra.

Bajo el lema “Hagamos crecer el futuro juntos”, el Día Mundial de 2019 se centra en tres temas clave relacionados con la tierra: la sequía, la seguridad humana y el clima. La importancia de garantizar que la tierra esté bien administrada figura entre los objetivos de la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, que declara que “estamos decididos a proteger el planeta contra la degradación, mediante el consumo y la producción sostenibles, la gestión sostenible de sus recursos naturales y medidas urgentes para hacer frente al cambio climático, de manera que pueda satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras”. Específicamente, el objetivo número 15 de esa Agenda establece la determinación de detener y revertir la degradación de la tierra (fuente: ONU).

Indicador contra el sol



¿Cuántas veces mamá nos ha ordenado ponernos el bloqueador solar y le contestamos que no porque el

sol no está tan fuerte? Más de una, ¿verdad? Y es que en realidad no sabemos a ciencia cierta cuándo usar el bloqueador u otras medidas de protección solar. Pues bien, el Laboratorio de Fotobiología Dermatológica del Centro de Investigaciones Médico Sanitarias (Cimes), de la Universidad de Málaga (UMA), ha dado un paso más en su batalla contra el cáncer de piel. De forma pionera, ha desarrollado ‘UVI-LISCO’, un proyecto innovador que determina cuándo es necesario usar las diferentes medidas de protección solar en función de la sombra.

Se trata de un indicador elaborado a partir de la distancia de la sombra, según la altura de un objeto que la proyecta sobre una superficie que va graduada a intervalos fijos de unidades del índice ultravioleta (UVI), que cada día determina la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) en España.

“Lo que hemos hecho es redescubrir, en cierto modo, el reloj solar y aprovechar uno de los usos de los obeliscos de la antigüedad”, explica el investigador de la UMA José Aguilera, quien junto con María Victoria de Gálvez son los impulsores del proyecto. “El principio es bien sencillo, utilizar un elemento que nos sirva para proyectar la sombra y otro que nos mida la distancia de sombra proyectada, que varía a lo largo del ciclo diario del sol, al igual que el índice ultravioleta (UVI)”, aclara.

El experto afirma que si se utiliza un objeto que proyecta la sombra de un metro de altura, la distancia de sombra proyectada será muy larga

al inicio del día e irá disminuyendo a medida que avanza, ya que el sol se va acercando a su vertical máxima al mediodía.

“Cuando la sombra proyectada es de 0.70 m, es que el sol está tan vertical, que coincide con un índice UV de 6, y, por tanto, dentro del rango de índice UV de alto riesgo. Si utilizamos una sencilla ecuación podemos realizar un disco de sombra que predice, en cada momento del día, el índice ultravioleta solar, detectando cuándo se tienen que usar medidas de protección para no quemarse”, asegura.

Así, el investigador garantiza que, si la sombra que proyectamos es más larga que nuestra altura, estamos ante un buen momento para tomar el sol, por ello, en invierno, las sombras son más largas que en verano. Una alternativa al obelisco que, además, predice el índice UV en cualquier parte del mundo y en cualquier época del año. Barata, sencilla y siempre a mano. “Menos móvil y más mirar el cielo”, concluye Aguilera.

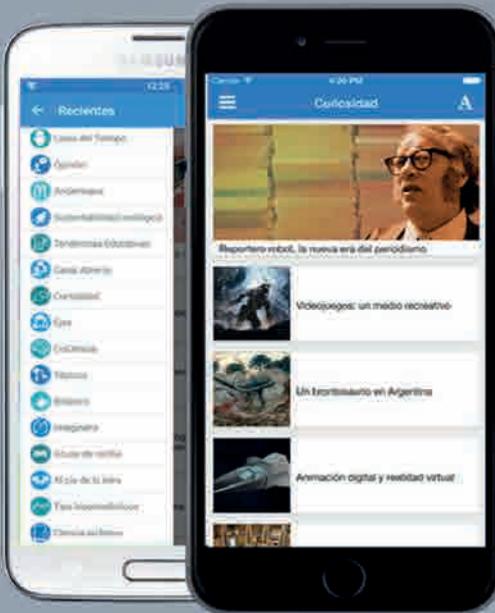
El experto en fotoprotección de la Universidad de Málaga recomienda que, cuando el índice ultravioleta

es alto, se use ropa adecuada, como camisetas oscuras con tejido de algodón con colores oscuros, que son las que mejor protegen; gorros o sombreros, gafas de sol homologadas y cremas solares.

Finalmente, Aguilera aconseja que, en zonas descubiertas, utilizemos nuestro ‘Índice de Sombra IS70’, o lo que es lo mismo, cuando la sombra sea más corta que 70% de la altura de la persona, se evite la exposición al sol (fuente: UMA / Fundación Descubre).

CiENCIA UANL

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





Revista Ciencia UANL

ANDROID APP ON



Google play

Descárgalo en el



App Store



UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN





Colaboradores

COLABORADORES

Alejandra Velasco Pérez

Ingeniera química por el Instituto Tecnológico de Orizaba. Maestra en Ciencias y doctora en Ciencias, en Ingeniería Química, por la UAM. Profesora de tiempo completo en la FCQ de Orizaba. Cuenta con perfil deseable Prodep. Sus áreas de investigación son simulación y control de procesos químicos y biológicos.

Dora Alicia García García

Ingeniera forestal y maestra en Ciencias Forestales por la UANL. Realizó estancia de investigación en la Universidad de Göttingen, Alemania. Estudiante del Doctorado en Ciencias, con orientación al Manejo de Recursos Naturales, en la FCF-UANL.

Eduardo Alanís Rodríguez

Ingeniero forestal, maestro en Ciencias Forestales y doctor en Ciencias, con Especialidad en Manejo de Recursos Naturales, por la UANL. Su área de investigación es el manejo de recursos forestales. Miembro del SNI, nivel I.

Gilberto Carlos García Leal

Pregraduado de Ingeniería Forestal por la UANL. Su línea de investigación es la fenología de cactáceas.

Guadalupe Virginia Nevárez Moorillón

Química bacterióloga parasitóloga por la UACH. Doctora en Biología por la Universidad del Norte de Texas. Profesora-investigadora de tiempo completo de la FCQ-UACH. Sus líneas de investigación se relacionan con la respuesta de los microorganismos ante condiciones ambientales en los alimentos y en aplicaciones ambientales. Miembro del SNI, nivel II.

Humberto González Rodríguez

Ingeniero agrónomo fitotécnista por la UANL. Maestro y doctorado por la Texas A&M University, College Station, Texas, USA. Su línea de investigación es adaptación de plantas a tensiones ambientales. Miembro del SNI, nivel II.

Israel Cantú Silva

Ingeniero agrónomo fitotécnista por la UANL. Doctor por la Universidad de Tottori, Japón. Sus líneas de investigación son hidrología forestal, ciclos biogeoquímicos, conservación del suelo y relaciones agua-planta-suelo. Miembro del SNI, nivel II.

Javier Jiménez Pérez

Ingeniero agrónomo por la UAAAN. Doctor en Ciencias Forestales por la Universidad de Göttingen, Alemania. Su área de investigación es el manejo y conservación de ecosistemas forestales. Miembro del SNI, nivel I.

Jonathan Lazcano Cortez

Ingeniero forestal, maestro en Ciencias Forestales y estudiante del Doctorado en Ciencias, con Orientación en Manejo de Recursos Naturales, por la UANL. Su línea de investigación es ecología de los ecosistemas forestales en matorral espinoso tamaulipeco.

Jorge Eduardo Salazar Castillo

Ingeniero agrónomo fitotécnista. Maestro en Ciencias de la Administración, con especialidad en Informática. Profesor en el Centro de Cálculo, de la UAAAN y de la UAT. Sus líneas de investigación son lenguajes de programación de computadoras, diseño de algoritmos, redes, sistemas operativos y modelos económicos.

José Guadalupe Marmolejo Monsiváis

Biólogo por la UANL. Doctor por la Universidad de Göttingen, Alemania. Sus líneas de investigación son micología forestal y fitopatología forestal.

José Israel Yerena Yamalle

Licenciado, maestro y doctor por la UANL. Su principal línea de investigación es carbono almacenado en ecosistemas terrestres. Pertenece al Cuerpo Académico (consolidado) "Manejo de ecosistemas forestales". Miembro del SNI, nivel I.

José Rafael Linares Morales

Ingeniero en Alimentos por la UNESR, Venezuela. Maestro en Ciencias, en Microbiología y Seguridad de Alimentos, por la UdeG. Estudiante del Doctorado en Ciencias en la FCQ-UACH. Sus líneas de investigación incluyen inocuidad alimentaria y biopreservación de alimentos, utilizando bacterias lácticas.

José Vian Pérez

Ingeniero en Biotecnología por la Universidad Politécnica de Huatusco. Maestro en Ciencias, en Procesos Biológicos, por la UV. Estudiante del posgrado en Ingeniería de Procesos nivel doctorado de la División de Ciencias Básicas en la UAM Azcapotzalco. Sus áreas de interés son el análisis y desarrollo de tecnologías de tratamiento de efluentes y residuos sólidos.

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.

Marisela Pando Moreno

Ingeniera agrónoma por la UANL. Maestra en Ciencias por The University of Adelaide, en Adelaide, Australia. Doctora en Geografía por la UNAM. Sus líneas de investigación son ecología de ecosistemas terrestres y manejo y restauración de zonas áridas y semiáridas. Miembro del SNI, nivel I.

Melissa del Carmen Martínez Torres

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

Óscar Alberto Aguirre Calderón

Ingeniero agrónomo con especialidad en Bosques por la UACH. Doctor en Ciencias Forestales por la Universidad de Göttingen, Alemania. Su área de investigación es el manejo de recursos forestales. Miembro del SNI, nivel II.

Oshiel Martínez Chapa

Maestro en Administración por la UANL. Maestro en Economía y D. Regional por la UAT. Doctor en Administración Pública por la Escuela Libre de Ciencias Políticas y Administración Pública. Catedrático en la UAT y en el Tecnológico Nacional de México.

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 (RES-PyN)*. Miembro del Comité Editorial de Artemisa del Centro de Información para Decisiones en Salud Pública de México.

Perla Cecilia Rodríguez Balboa

Ingeniera forestal, maestra en Ciencias Forestales y estudiante del Doctorado en Ciencias, con Orientación en Manejo de Recursos Naturales, de la UANL. Su línea de investigación es ecología de los ecosistemas forestales en bosque templado.

Sonia Alejandra Torres Sánchez

Doctora en Ciencias, con especialidad en Geociencias, por la UANL. Exbecaria de posgrado por el Conacyt y el DAAD. Profesora-investigadora de tiempo completo en la FI-UASLP. Sus líneas de investigación son la petrología de rocas ígneas y metamórficas, análisis de procedencia en rocas metasedimentarias y evolución geológica del Precámbrico y Paleozoico.

Tania García Herrera

Licenciada en Ingeniería Química por el Instituto Tecnológico de Orizaba. Maestra en Ciencias, en Ingeniería Química, por el Instituto Tecnológico de Celaya. Doctora en Ciencias, en Ingeniería Química, por la UdeG. Profesora de tiempo completo adscrita al PE de Ingeniería en Alimentos. Responsable de los fondos federales: Profocie (2014-2015), PFCE (2016-2019). Líder del CA-455 Ingeniería en Alimentos. Responsable de los fondos federales: Profocie (2014-2015), PFCE (2016-2019). Líder del CA-455 Ingeniería y Tecnología de Procesos.

Lineamientos de colaboración

Ciencia UANL

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

Criterios editoriales (difusión)

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

Criterios editoriales (divulgación)

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

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

Todos los artículos deberán remitirse a la dirección de correo:

revista.ciencia@uanl.mx

o bien a la siguiente dirección:

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

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

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

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.

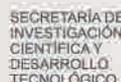
Durante la **etapa de acompañamiento**, los investigadores llevan sesiones de mentoría durante su proceso de validación y creación de la empresa, acompañados de mentores académicos y empresarios.

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





**TRABAJAR
TRANSFORMAR
TRASCENDER**



Indexada en:



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS
DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

