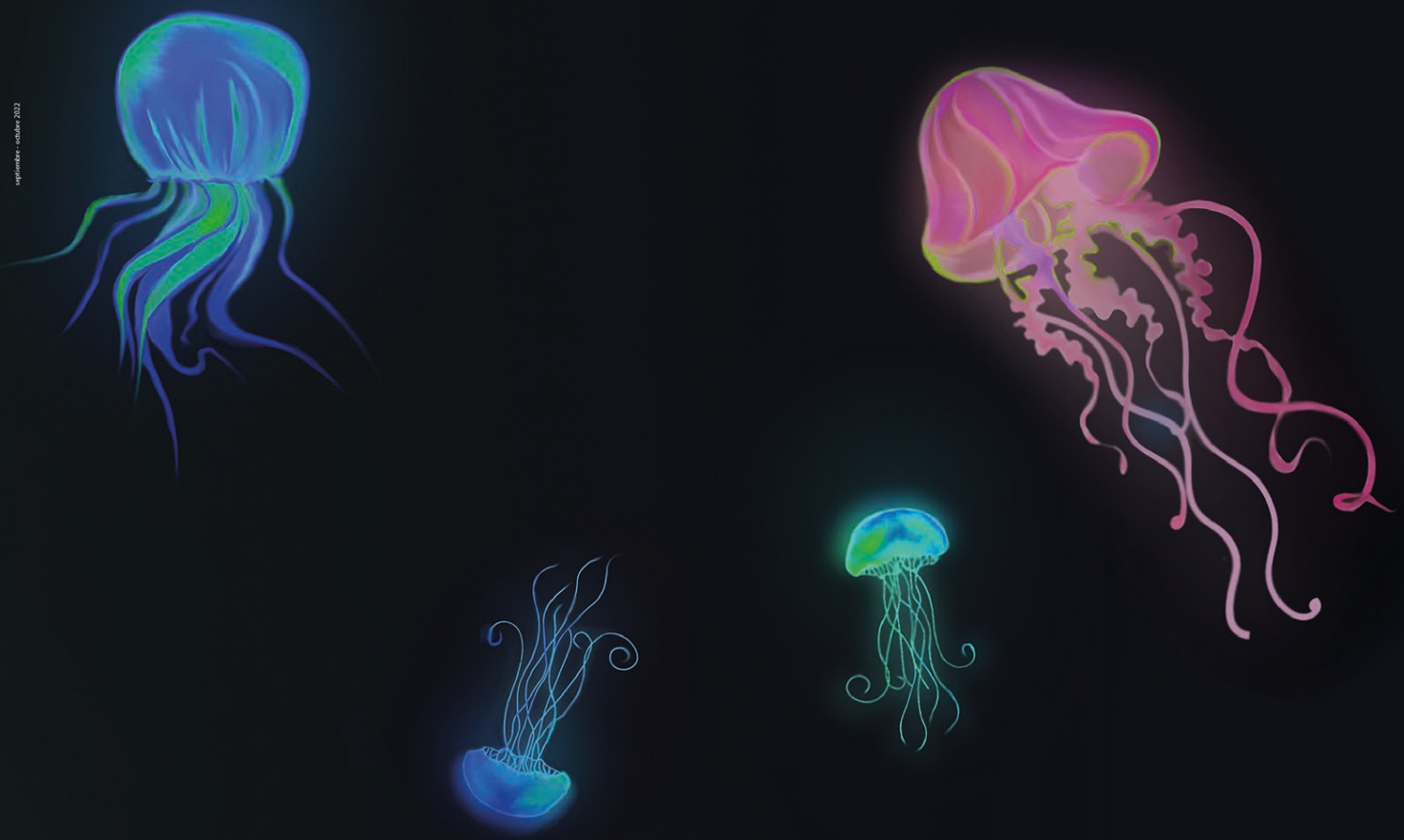
CIENCIAUANL

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



- **Invasiones biológicas**
- **El mezquite: un superalimento ancestral**
- **¿Cómo se origina la luminiscencia?**
- **Entrevista: David Mota Sánchez, *cazador de insectos***

Año 25,
Número 115
septiembre - octubre 2022
ISSN: 2007-1175

septiembre - octubre 2022
Año 25, número 115

UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Una publicación bimestral de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Dr. Santos Guzmán López
Rector

Dr. Juan Paura García
Secretario general

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

Dr. Guillermo Elizondo Riojas
Director Ciencia UANL

Melissa Martínez Torres
Editora

Consejo Editorial
Dr. Sergio Estrada Parra, (Instituto Politécnico Nacional, México) /
Dr. Miguel José Yacamán (Universidad de Texas, EUA) / Dr. Juan Manuel Alcocer González (Universidad Autónoma de Nuevo León, México)/
Dr. Bruno A. Escalante Acosta (Instituto Politécnico Nacional, México)

Redes y publicidad: Jessica Martínez Flores
Diseño: Monserrat Montes Canul
Correctora de inglés: Mónica L. Balboa
Corrección: Luis Enrique Gómez Vanegas

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

Ciencia UANL Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Año 25, Nº 115, septiembre-octubre de 2022. Es una publicación bimestral, editada y distribuida 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. Editora responsable: Melissa Martínez Torres. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2021-060322550000-102. ISSN: 2007-1175 ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, Licitud de Título y Contenido: 17473. Registro de marca ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial: 1437043. Impresa por: Serna Impresos, S.A. de C.V., Vallarta 345 sur, Centro, C.P. 64000, Monterrey, Nuevo León, México. Fecha de terminación de impresión: 1 de septiembre de 2022, tiraje: 1,800 ejemplares.

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 2022

revista.ciencia@uanl.mx

Ciencia UANL

COMITÉ ACADÉMICO

CIENCIAS DE LA SALUD
Dra. Lourdes Garza Ocañas
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS EXACTAS
Dra. Ma. Aracelia Alcorta García
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS AGROPECUARIAS
Dra. María Julia Verde Star
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS NATURALES
Dr. Rahim Foroughbakhch Pournavab
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS SOCIALES
Dra. Veronika Sieglin Suetterlin
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
Dra. María Idalia del Consuelo Gómez de la Fuente
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS DE LA TIERRA
Dr. Carlos Gilberto Aguilar Madera
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

COMITÉ DE DIVULGACIÓN

CIENCIAS DE LA SALUD
Dra. Gloria María González González
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS EXACTAS
Dra. Nora Elizondo Villarreal
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS AGROPECUARIAS
Dr. Hugo Bernal Barragán
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS NATURALES
Dr. Marco Antonio Alvarado Vázquez
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS SOCIALES
Dra. Blanca Mirthala Taméz Valdés
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
Dra. Yolanda Peña Méndez
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS DE LA TIERRA
Dr. Héctor de León Gómez
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

ÍNDICE

6 EDITORIAL

8 CIENCIA Y SOCIEDAD

Invasiones biológicas en la era del cambio climático

Pablo Siller Clavel, Ernesto I. Badano, Nathalie S. Hernández Quiroz

20 OPINIÓN

El mezquite: un "superalimento" ancestral

Aldo Gael Luna Almaraz, Raúl Enrique Martínez Herrera, María Elizabeth Alemán Huerta

30 EJES

Los compuestos químicos y los seres vivos: ¿cómo se origina la luminiscencia?

Jazmín Marroquín Flores, Luis Enrique Romero Gutiérrez, Raúl Colorado Peralta, Delia Hernández Romero

40 SECCIÓN ACADÉMICA

41 Determinación de la producción de gas *in vitro*, contenido de nutrientes y energía metabolizable de forrajes y suplementos para ovinos y caprinos

Hugo Bernal Barragán, Víctor Manuel Perrusquía Tejeida, Nydia Corina Vásquez Aguilar, Humberto González Rodríguez

48 CONCIENCIA

Un infinito más grande

Ángel Jareb Navarro Castillo, José Ángel Andrade Arnendáriz

60 CIENCIA DE FRONTERA

De Oaxaca a Michigan: conocimientos, prácticas y cultura para hacer Entomología. Entrevista al doctor David Mota Sánchez

María Josefa Santos

72 SUSTENTABILIDAD ECOLÓGICA

En modo de emergencia el Día Mundial del Medio Ambiente

Pedro César Cantú-Martínez

80 CIENCIA EN BREVE

De androides, obesidad y aves mentirosas

Luis Enrique Gómez Vanegas

88 COLABORADORES

115

EDITORIAL

Hugo Bernal Barragán*

Los recursos ambientales de cada ciudad, estado o nación, representan una parte importante de la riqueza que la sociedad tiene a su disposición para disfrutar en su esparcimiento, por tal motivo tenemos la responsabilidad de cuidarlos y mejorarlos para las generaciones futuras; cuando una sociedad cuida sus recursos naturales, se mejora sustancialmente su calidad de vida.

Afortunadamente, en nuestro entorno hay señales positivas para continuar con mayor fuerza las actividades educativas, de investigación y de grupos de trabajo, toda vez que lo más difícil de la pandemia COVID-19 parece haber pasado. Esto nos permite seguir con la búsqueda, en conjunto, de soluciones a las problemáticas que nos afectan como sociedad, pero también de nuevas actividades que provean satisfactores y desarrollo, además de mejorar la calidad de vida.

Al respecto, la revista *Ciencia UANL* presenta, en este número 115, una serie de aportaciones relacionadas con las Ciencias Naturales, que han sido preparadas por académicos y miembros de la comunidad universitaria de la UANL y de otras instituciones educativas, para compartirlas con una cantidad de lectores cada vez más amplia a nivel nacional e internacional. Los temas contenidos en este fascículo nos llaman la atención hacia problemáticas relacionadas con el ambiente, las cuales nos afectan y nos obligan a atenderlas para resolverlas; no obstante, también se aportan ideas que pretenden ser opciones para encontrar la forma de tener una mejor calidad de vida.

El mundo moderno requiere que seamos más proactivos y que nos acerquemos a personas con intereses comunes para unir ideas que nos lleven hacia adelante a nosotros y a nuestros hijos. Lo que presentamos en estas páginas contribuye a ese proceso de conjuntar voluntades y aportar ideas para nuestro bienestar. Por ejemplo, nos invita a conocer y reencontrarnos con superalimentos como el mezquite, que está a nuestra disposición desde tiempos ancestrales.

También podemos informarnos sobre aspectos que debemos atender para evitar invasiones biológicas indeseables debido al cambio climático, y fomentar así la sostenibilidad de nuestro medio. Se aborda, asimismo, el origen químico de la luminiscencia, en un artículo que nos ayudará a entender vivencias tan bonitas como las que cada vez podemos disfrutar menos, por ejemplo, cuando en el campo observamos a las luciérnagas.

En la sección Académica se presentan aspectos del trabajo que se está desarrollando para valorar, en su debida medida, los recursos naturales que tenemos en el noreste de México, los cuales, a través de su uso como alimento para ovinos y caprinos, generan diversos satisfactores, por ejemplo, un apetitoso platillo de cabrito o de borrego, o qué decir de los deliciosos dulces de leche de cabra típicos de esta región.

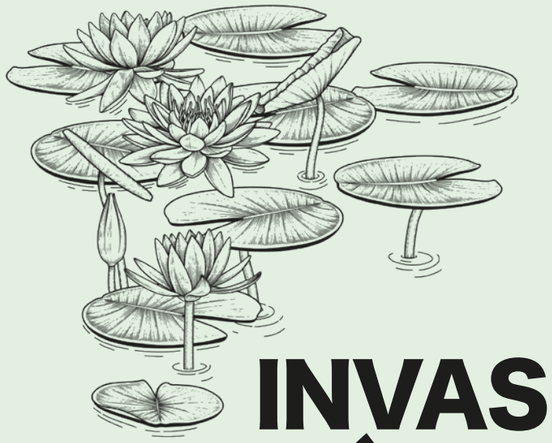
En las secciones que complementan esta edición, encontraremos aspectos adicionales e interesantes de cómo es que el trabajo desarrollado en las distintas instituciones académicas nos permite entender bien el muy rico y frágil entorno en el que vivimos, para que lo cuidemos y disfrutemos por más tiempo.



Vista del parque Lietzensee, para solaz y esparcimiento de la sociedad en Berlín, Alemania (imagen: Hugo Bernal).

Que disfruten la lectura de este nuevo número de *Ciencia UANL*, siempre en proceso de mejora y, específicamente en este número, con la aportación de un nuevo diseño que acerca el valor del arte al de la ciencia para beneplácito nuestro.

***Universidad Autónoma de Nuevo León, General Escobedo, México.**

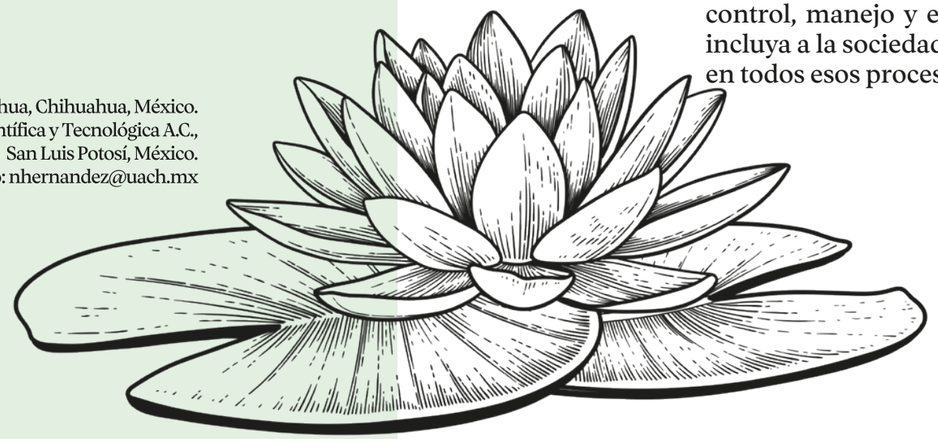


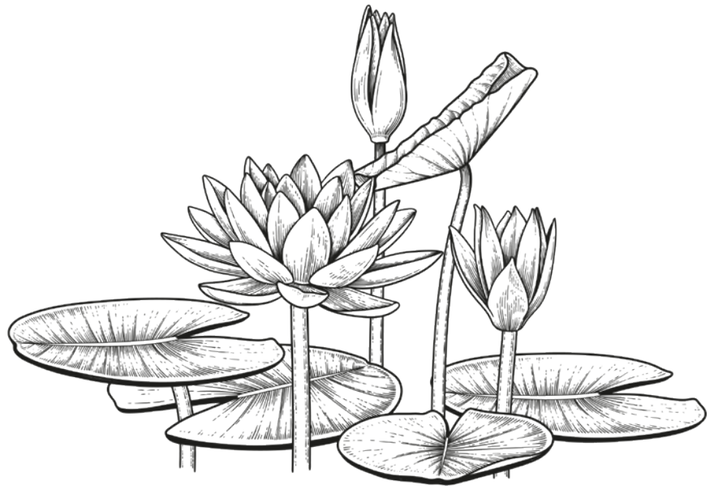
INVASIONES BIOLÓGICAS EN LA ERA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

PABLO SILLER CLAVEL*, ERNESTO I. BADANO**, NATHALIE S. HERNÁNDEZ QUIROZ*



*Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, México.
**Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C., San Luis Potosí, México.
Contacto: nhernandez@uach.mx





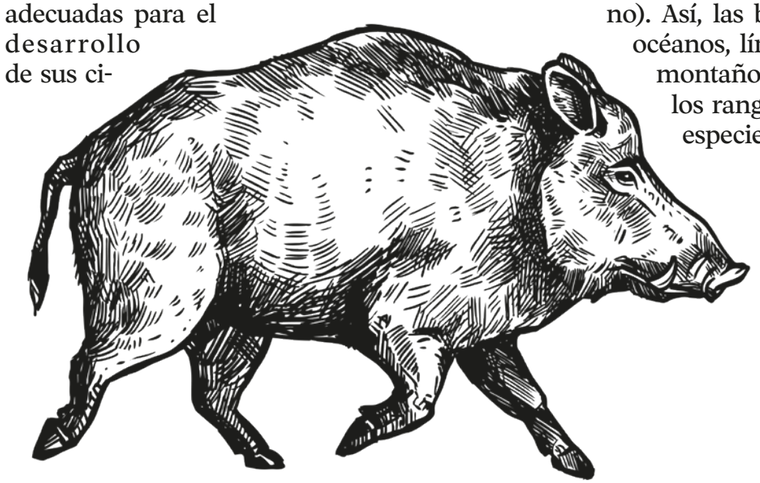
Las invasiones biológicas resultan de la movilización de organismos, desde su región de origen hacia nuevas áreas donde nunca antes estuvieron presentes, mediante las actividades humanas. Actualmente, las invasiones biológicas constituyen una de las mayores amenazas para la biodiversidad del planeta, habiéndose documentado que sus efectos negativos sobre otras especies pueden potenciarse con el cambio climático. Sin embargo, los procesos que desencadenan las invasiones biológicas y los riesgos que representan para el bienestar de los ecosistemas y los seres humanos no han sido completamente socializados. Por lo tanto, entender qué son las invasiones biológicas y la manera en que los seres humanos las promueven es crítico para lograr su control, manejo y erradicación con una perspectiva que incluya a la sociedad como un agente clave que interviene en todos esos procesos.

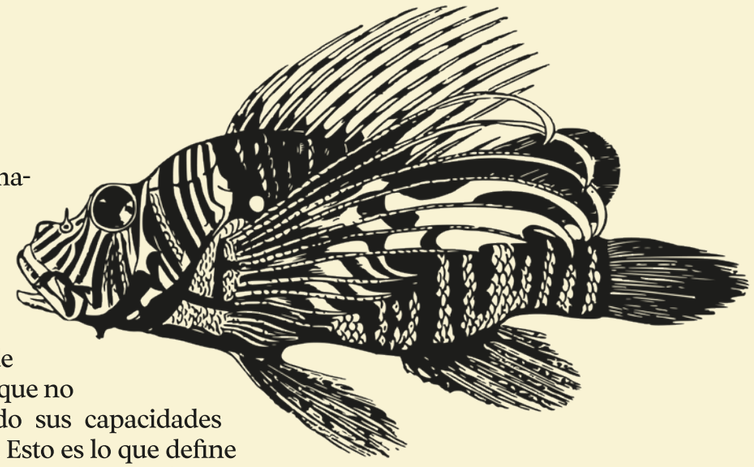


¿QUÉ SON LAS INVASIONES BIOLÓGICAS?

Para comprender los procesos de invasión biológica y sus efectos sobre el medio ambiente, primero es necesario comprender que las especies se mueven a través del espacio físico de manera natural. Para esto emplean diferentes mecanismos de dispersión, lo que les permite alcanzar sitios donde no estaban antes presentes y colonizarlos. Por ejemplo, los vertebrados terrestres poseen la capacidad de caminar o volar, que constituyen mecanismos de dispersión mediante los cuales alcanzan nuevos sitios para alimentarse y reproducirse. Lo mismo ocurre con las plantas que, aunque son organismos sésiles (no pueden moverse a través del espacio), sus propágulos (semillas o esporas) pueden dispersarse a largas distancias de los organismos que les dieron origen. Así, las especies se mueven a través del espacio y establecen poblaciones en todos los sitios que les ofrezcan condiciones adecuadas para el desarrollo de sus ciclos de vida. Esto último define el "rango de distribución" de cada especie, el cual comprende todos los sitios que puede alcanzar y colonizar mediante sus capacidades de dispersión.

La capacidad de dispersión de las especies, sin embargo, es limitada. Por ejemplo, aunque muchas especies tienen una alta movilidad, sus rangos de distribución suelen estar restringidos a áreas específicas mediante barreras naturales que no pueden superar por sus propios medios. Éste es el caso de muchas especies de vertebrados e insectos que son endémicos de algunas islas (sólo están presentes en esos sitios), cuyos rangos de distribución están limitados por la línea de costa, debido a que sus capacidades de dispersión no les permiten abandonar esos sitios (por ejemplo, no pueden nadar largas distancias en el océano). Así, las barreras naturales, como océanos, líneas de costa y cordones montañosos, imponen límites a los rangos de distribución de las especies.





Las actividades humanas han alterado profundamente los rangos de distribución de muchas especies, movilizándolas desde áreas geográficas donde son nativas hacia sitios que no pueden alcanzar usando sus capacidades naturales de dispersión. Esto es lo que define a una "especie exótica". Formalmente, las especies exóticas se definen como organismos que han sido movilizados mediante las actividades humanas desde su región de origen, donde forman parte de la biota nativa, hacia zonas donde nunca antes estuvieron presentes. Estas introducciones de especies pueden ocurrir de manera intencional o accidental. Las introducciones intencionales ocurren cuando el hombre moviliza deliberadamente las especies, ya sea para fines de alimentación (por ejemplo, granos y ganado) o culturales (por ejemplo, animales de compañía o plantas ornamentales). Las introducciones accidentales, en cambio, ocurren sin que exista un propósito detrás de las mismas, donde los organismos adultos o sus propágulos viajan como "polizones" junto con el hombre (por ejemplo, costales de granos de cultivo contaminados con semillas de otras especies de plantas). Así, las actividades humanas permiten que muchas especies superen las barreras naturales que restringen sus rangos de distribución, movilizándolas hacia sitios que no pudieran alcanzar mediante sus capacidades naturales de dispersión.

Esta movilización de plantas y animales, entre muchos otros organismos, solamente constituye el primer paso de las invasiones biológicas. Según Richardson *et al.* (2000), para que los procesos de invasión realmente ocurran, las especies exóticas deben ser capaces de desarrollar su ciclo de vida en la nueva región a la que arribaron, sin mayor intervención del hombre. Así, una vez superadas las barreras geográficas, el siguiente paso hacia una invasión biológica es que estas especies toleren las condiciones ambientales que les presentan los sitios donde fueron introducidas porque, de no ser así, no sobrevivirían.

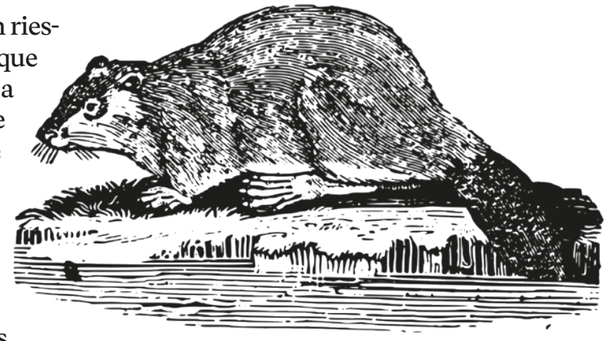
En este sentido, cabe destacar que muchas especies exóticas sobreviven en sus sitios de introducción porque su existencia está subsidiada por intervenciones humanas.

Éste es el caso de muchas plantas ornamentales y mascotas exóticas, las cuales solamente existen en los sitios donde son introducidas porque el hombre las alimenta, las resguarda de condiciones ambientales extremas y las protege de depredadores y competidores, pero mueren si estos cuidados se suprimen. En cambio, para que una invasión biológica ocurra, las especies exóticas deben sobrevivir en los sitios de introducción por sus propios medios, sin asistencia humana. Aquellas especies exóticas que logran sobrevivir, además, deben ser capaces de reproducirse y dejar descendencia fértil para avanzar hacia el proceso de invasión biológica. Esto les permite desarrollar una población viable en el sitio donde fueron introducidas (es decir, generan una población que se sustenta en el tiempo por sí misma, sin intervención humana) y aquéllas que logran alcanzar esta etapa formalmente se denominan "especies naturalizadas", pero aún no constituyen una invasión biológica como tal.



Las invasiones biológicas ocurren solamente cuando aquellas especies que se han naturalizado son capaces de dispersarse por sus propios medios más allá de sus sitios de introducción, colonizando así aquellos hábitats que sean favorables para desarrollar su ciclo de vida y expandiendo sus poblaciones a través de la nueva región donde están presentes. De esta manera, la única etapa del proceso de invasión biológica en el cual interviene el hombre es la propagación de las especies hacia nuevas áreas geográficas, mientras que el resto del proceso de invasión depende de las características propias de cada especie.

¿POR QUÉ NOS DEBEN PREOCUPAR LAS INVASIONES BIOLÓGICAS?



Las invasiones biológicas constituyen un riesgo para la biodiversidad del planeta porque las especies exóticas pueden desplazar a las nativas de los ecosistemas mediante una gran variedad de procesos. Uno de ellos es la competencia por recursos, que ocurre cuando las especies invasoras son más eficientes que las nativas para explotar los recursos disponibles en el ambiente (por ejemplo, el alimento, en el caso de los animales, o los recursos minerales del suelo, en el caso de las plantas), lo que resulta en la exclusión de estas últimas de los hábitats donde residen.

Otro proceso mediante el cual las invasiones biológicas pueden reducir la biodiversidad es la depredación, que ocurre cuando las especies invasoras consumen a las nativas, reduciendo la abundancia de estas últimas en los sistemas naturales y pudiendo llegar a extinguirlas por sobreexplotación (Bellard *et al.*, 2016). Adicionalmente, las invasiones biológicas pueden generar brotes de enfermedades, como ocurre cuando la especie invasora es un parásito que infecta a las especies nativas y causa su muerte. Éstas, entre muchas otras interacciones que se entablan entre especies invasoras y las nativas, hacen que las especies exóticas sean una amenaza para la biodiversidad de las nuevas áreas donde son introducidas. Esta pérdida de biodiversidad atribuible a las invasiones biológicas pone en peligro el bienestar de las poblaciones humanas y, a continuación, se explicará cómo ocurre esto.

En los ecosistemas ocurren de manera constante flujos de materia y energía entre sus compartimentos bióticos (las especies) y abióticos (el medio físico; por ejemplo, en ecosistemas terrestres, éste se compone por la atmósfera y el suelo). Estos flujos de materia y energía se denominan "funciones ecosistémicas" y resultan de cualquier interacción que se presente entre las especies que componen la biota de los ecosistemas (por ejemplo, la com-

petencia y la depredación, entre otras) o entre las especies y los componentes abióticos de los ecosistemas (por ejemplo, la fijación de carbono y la liberación de oxígeno que resultan de los procesos fotosintéticos que realizan las plantas usando luz solar y dióxido de carbono atmosférico).

Debido a que el número de componentes abióticos de los ecosistemas es invariante (por ejemplo, en todos los ecosistemas terrestres siempre hay suelo y atmósfera), la cantidad de funciones ecosistémicas que se desarrollan en ellos depende casi exclusivamente de la cantidad de especies que contengan. Puesto en otras palabras, mientras mayor sea la diversidad de especies que residen en un ecosistema, mayor será la cantidad de interacciones que se desarrollen entre ellas y con el medio físico, lo que resulta en un mayor número de funciones ecosistémicas.

Muchas funciones ecosistémicas tienen un valor agregado para los seres humanos porque de ellas dependen nuestras actividades y, en última instancia, nuestra propia existencia. Estas funciones ecosistémicas se denominan "servicios ambientales", entre los cuales se pueden destacar la captura y aprovisionamiento de agua dulce, el almacenamiento de carbono, la prevención de la erosión de los suelos, la protección contra inundaciones y la provisión de materias primas y alimentos. Así, si los servicios ambientales son funciones ecosistémicas cuya cantidad y calidad dependen de la biodiversidad, cualquier factor que reduzca la biodiversidad terminará causando una reducción global del funcionamiento ecosistémico que nos provee de dichos servicios.



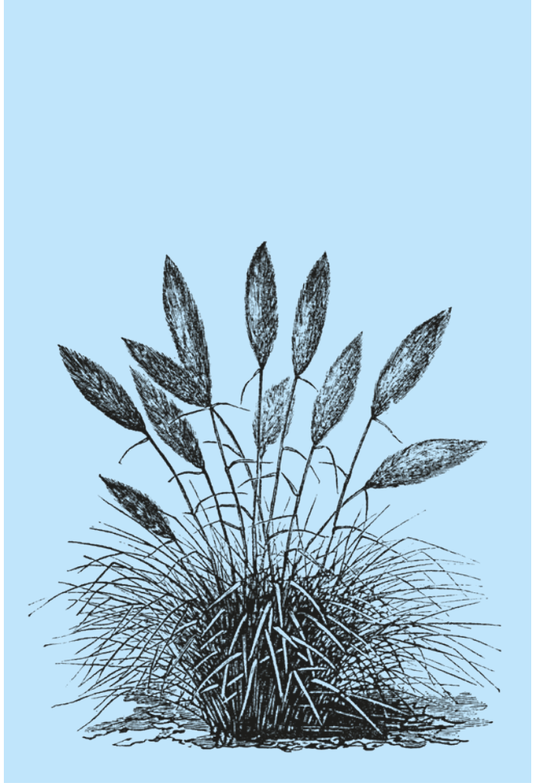
En este contexto, las extinciones de especies mediadas por las invasiones biológicas pueden conllevar la pérdida de servicios ambientales y, en consecuencia, una disminución del bienestar general de las poblaciones humanas.

¿CÓMO SE RELACIONAN LAS INVASIONES BIOLÓGICAS CON EL CAMBIO CLIMÁTICO?

En 2021 se publicó el Sexto Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático de Naciones Unidas, que se compone de una serie de documentos donde se reportan los resultados de evaluaciones científicas, técnicas y socioeconómicas sobre las causas y consecuencias de este fenómeno global (IPCC, 2021). Ese año también se llevó a cabo la 26ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, donde se reúnen representantes de diversos países para analizar los problemas derivados del calentamiento global y proponer alternativas para mitigarlo.

En ambos casos se ha concluido que nuestro planeta se encuentra cerca de alcanzar un punto crítico de "no retorno" donde, de superarse un límite de aumento en la temperatura de 1.5°C, será muy difícil revertir el proceso de calentamiento global. Asimismo, estimaciones que se reportan en el sexto informe indican que para finales de este siglo se espera un aumento de la temperatura de la superficie terrestre de entre 2.6 y 4.8°C, lo que provocará modificaciones en los patrones globales de precipitación, causando sequías extremas en muchos lugares del mundo.

Estos cambios en los regímenes climáticos desencadenarán condiciones adversas para ecosistemas y muchas especies. Aunque se espera que ocurra lo mismo con muchas especies invasoras, también se ha propuesto que algunas de ellas pudieran beneficiarse con el cambio climático debido a su elevada tolerancia a altas temperaturas y a la sequía, creando oportunidades para su dispersión y establecimiento en nuevas regiones (expansión de sus rangos de distribución). Así, el cambio climático podría facilitar las invasiones biológicas, a medida que la composición de las comunidades de especies cambie, debido al estrés climático en las especies nativas y propiciando que las especies introducidas con tendencias invasoras sean dominantes.



Esto pudiera generar una sinergia entre el cambio climático y las invasiones biológicas que reduciría la biodiversidad de los ecosistemas de manera mucho más dramática de la que causarían estos dos factores por separado. Por ejemplo, aumento en los valores mínimos y máximos de temperatura, alteraciones en la estacionalidad de la temperatura y cambios en la precipitación propician eventos de sequía e incendios que son de los principales conductores de daños en pastizales. Aunado a la invasión de especies como *Imperata cylindrica, Bromus tectorum, Cenchrus ciliaris*, reportadas como altamente inflamables, se espera que ambos factores tengan alteraciones sustanciales en la composición, distribución y abundancia de especies en estos ecosistemas (Simpson *et al.*, 2015).

De la misma manera, cambios en la cobertura vegetal en conjunto con eventos con mayor intensidad de lluvias propiciarán un aumento la tasa de erosión de suelos. Así, la pérdida de pastizales conlleva a la pérdida de grandes sumideros de carbono almacenado en el suelo y raíces de especies, así como de polinizadores y de vida silvestre. Por lo tanto, estimar la actual distribución de las especies invasoras y predecir la manera en que el cambio climático puede afectar sus rangos de distribución en el futuro es fundamental para prevenir la pérdida de biodiversidad y de servicios ambientales.

El avance de las tecnologías informáticas permite predecir cómo cambiarán los rangos de distribución de las especies invasoras conforme avance el cambio climático. Para esto se utilizan técnicas de computación intensiva mediante las cuales se generan modelos estadísticos que permiten estimar con elevada exactitud la probabilidad de encontrar a la especie objetivo en un punto determinado del espacio geográfico en función de condiciones climáticas que éste presenta en la actualidad (Elith *et al.*, 2011).

Así, la expresión espacial de estos modelos son mapas que ilustran el rango de distribución potencial que la especie tiene en una región de interés. Asimismo, la proyección de esos modelos sobre escenarios climáticos futuros permite predecir la manera en que la especie se distribuirá conforme aumente la temperatura o disminuya la precipitación en el futuro.

En México, este tipo de investigaciones están siendo desarrolladas mediante la colaboración de investigadores de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua y de la División de Ciencias Ambientales del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica. El objetivo de los investigadores es determinar los rangos de distribución de las principales especies de plantas invasoras reportadas en el territorio nacional para la toma de decisiones que permitan mitigar las consecuencias de estos procesos, tanto en la actualidad como en el futuro. Sobre esta base, uno de los principales grupos de interés son los pastos invasores presentes en el país (familia *Poaceae*), ya que representan una fuerte amenaza para especies nativas y procesos ecológicos debido a sus elevadas tasas de propagación hacia nuevos sitios. Sin embargo, aun trabajando con especies que están estrechamente relacionadas en términos taxonómicos, los resultados obtenidos a la fecha son contrastantes.

Como ejemplo de estos contrastes se pueden presentar los casos de *Cortaderia selloana* y *Rottboellia cochinchinensis*, comúnmente conocidos como zacate de la pampa y gramínea caminadora, respectivamente. El pasto de pampas se ha utilizado principalmente como ornamental, sin embargo, debido a características como la alta tolerancia a sequías y tolerancia a diferentes tipos de suelo se ha dispersado a nuevos sitios. No obstante, los modelos de distribución para esta especie muestran un potencial de invasión limitado, ya que se estima que actualmente cubre una superficie de 135,614 km2 (alrededor de 6% de la superficie de México; véase figura 1). A futuro se estima que su distribución cambie, disminuyendo hasta cubrir únicamente 46,332 km^2, debido a efectos del cambio climático (véase la figura 2).

Caso contrario ocurre con la gramínea caminadora, que de cubrir actualmente una superficie de 95,924 km^2 (véase figura 3) aumentará su distribución 71% (164,410 km^2; véase figura 4). Este pasto es originario de Asia tropical; aunque se tiene reporte de uso para el control de erosión, su invasión afecta las plantaciones tropicales (mango, plátano, camote, entre otros). Además, los tricomas de la especie causan hinchazón en personas y animales, lo que puede causar infecciones.

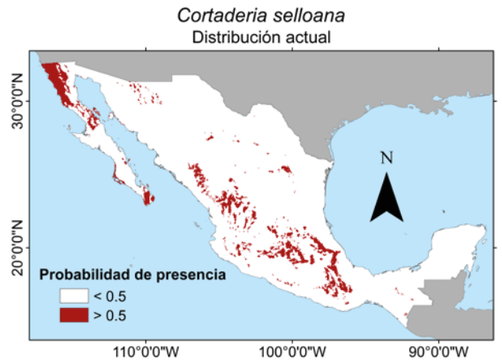


Figura 1. Distribución potencial de *Cortaderia selloana* actual.

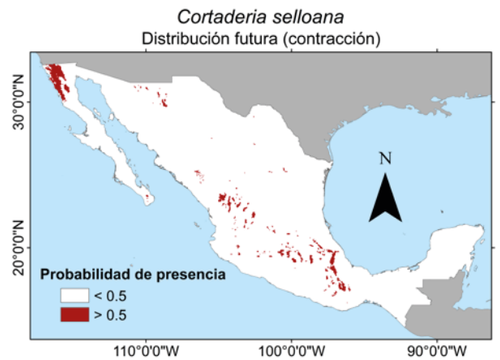


Figura 2. Distribución potencial de *Cortaderia selloana* para el periodo 2021-2040.

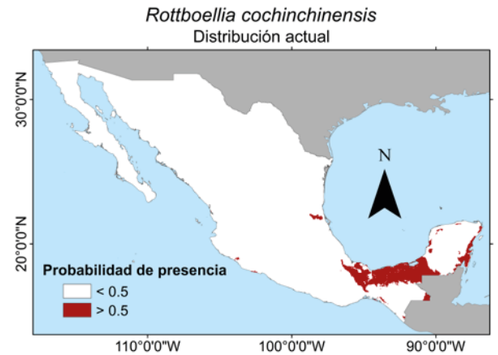


Figura 3. Distribución potencial de *Rottboellia cochinchinensis* actual.

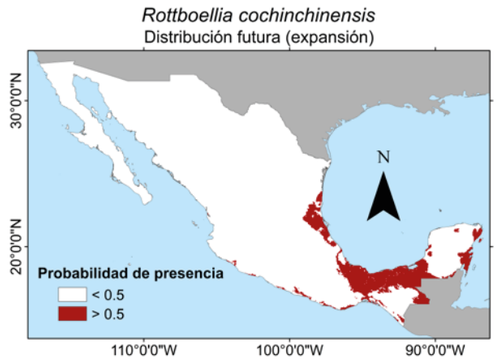


Figura 4. Distribución potencial de *Rottboellia cochinchinensis* para el periodo 2021-2040.

CONCLUSIÓN

Las invasiones biológicas pueden alterar la cantidad y calidad de los servicios ecosistémicos que la biodiversidad de especies provee al ser humano. Adicionalmente, el cambio climático estima proyecciones a futuro poco favorecedoras para las especies nativas. Por lo anterior, y debido a que las invasiones biológicas responden a diversos aspectos (bióticos y abióticos), entender y predecir los patrones de distribución y cómo el cambio climático influye en las invasiones biológicas es crítico.

Lo anterior, con la finalidad de identificar áreas potenciales a invasión, que después, mediante la implementación de programas pertinentes, permitan controlar, manejar y erradicar, con una perspectiva que incluya a la sociedad como un agente clave que interviene en todos esos procesos, la invasión de especies.

AGRADECIMIENTOS

A Prodep por el "Apoyo a la reincorporación de exbecarios Prodep" para el desarrollo del proyecto "Modelación de áreas vulnerables a invasión de gramíneas exóticas en México", dentro de la convocatoria de Prodep 2019 (OF-19-8803), con clave UACH-EXB-250, a cargo de la Dra. Nathalie Socorro Hernández Quiroz.

Al Fondo Sectorial de Investigación Ambiental Semarnat-Conacyt, por el desarrollo del proyecto "Modelos de distribución y protocolos experimentales para analizar el efecto del cambio climático sobre la distribución de plantas invasoras en México", con clave FSSE-MARNAT01-C-2018-1-A3-S-80837, a cargo del Dr. Ernesto I. Badano.

REFERENCIAS

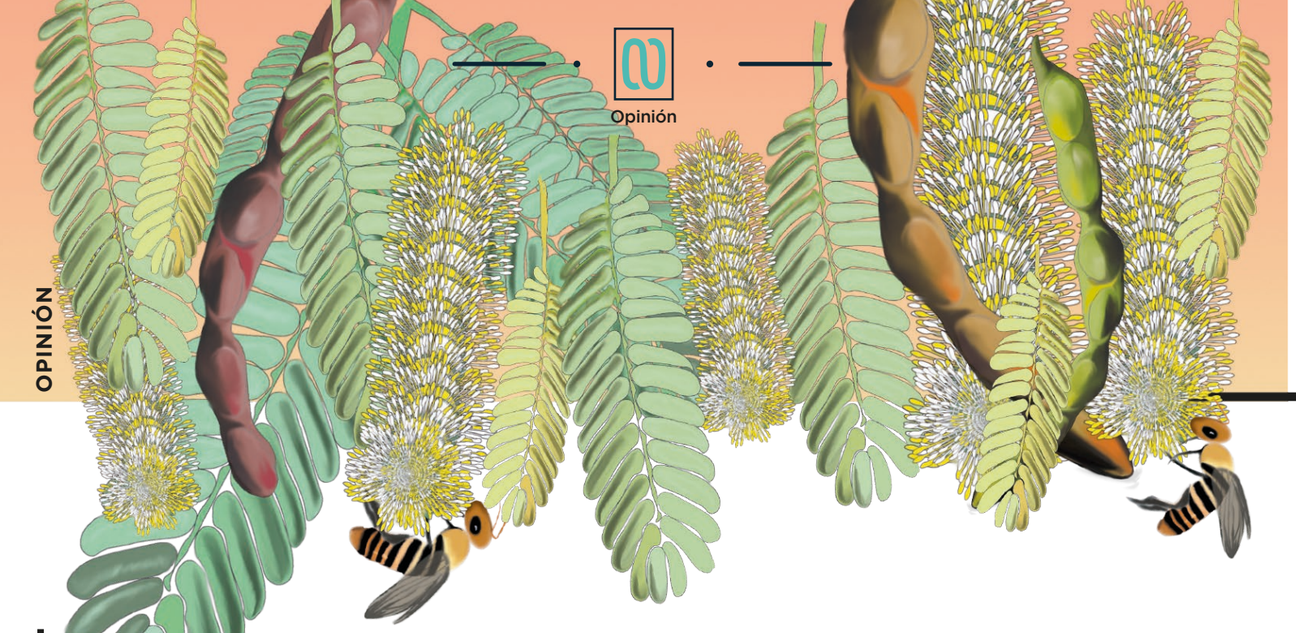
Bellard, C., Cassey, P., y Blackburn, T.M. (2016). Alien species as a driver of recent extinctions. *Biol. Lett.* 12:20150623. http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2015.0623

Elith, J., Phillips, S.J., Hastie, T., *et al.* (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Divers. Distrib*. 17:43-57.

IPCC. (2021). Summary for Policymakers. In V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, *et al.* (eds.): *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press. In Press.

Richardson, D.M., *et al.* (2000). Naturalization and invasion of alien plants: Concepts and definitions. *Diversity and Distributions*. 6:93-107. https://doi.org/10.1046/j.1472-4642.2000.00083.x

Simpson, K., Ripley, B., Christin, P.A., *et al.* (2015). Determinants of flammability in savanna grass species. *Journal of Ecology*. 104. n/a-n/a. 10.1111/1365-2745.12503.



EL MEZQUITE: UN "SUPERALIMENTO" ANCESTRAL

Aldo Gael Luna Almaraz*, Raúl Enrique Martínez Herrera**, María Elizabeth Alemán Huerta*

* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.
** Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Monterrey, Monterrey, México.
Contacto: aldo.lunalmrz@uanl.edu.mx

Desde el abrasador desierto de Sonora, pasando por los valles californianos, las montañas neoleonesas, las planicies texanas y trascendiendo al continente africano y asiático podemos encontrar al árbol de mezquite (*Prosopis* spp.), una peculiar especie vegetal que ha sido acogida por los humanos y ha resultado crucial para la vida de diversos pueblos gracias a los bienes y servicios que brinda (Shackleton *et al*., 2014). Este recurso ha sido considerado una fuente de bienestar y alimentación desde tiempos ancestrales, e incluso la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) lo clasifica como un "superalimento" (FAO, 2018).

Un "superalimento" se define como cualquier alimento natural (sin ningún aditivo o proceso químico) rico en proteínas, antioxidantes, grasas saludables, vitaminas, minerales y probióticos que ayudan a mejorar el metabolismo y el funcionamiento del organismo (Jagdale *et al*., 2021). Además de su aporte nutricional, se considera que para 2023 este tipo de alimentos tendrán una proyección de mercado de $201.67 mil millones de dólares a nivel mundial (Papadaki *et al*., 2021). Por lo cual, el mezquite y sus derivados presentan un potencial económico impresionante.

Aunado a ello, la resistencia a temperaturas extremas hace que su producción sea sencilla, eficiente y sostenible. Por lo tanto, se le considera como un recurso vegetal cuyo importante valor nutricional y potencial económico puede aprovecharse para atender diversas problemáticas nacionales relacionadas con la revaloración de la flora nativa, la escasez de alimentos saludables y la desnutrición en comunidades marginadas.

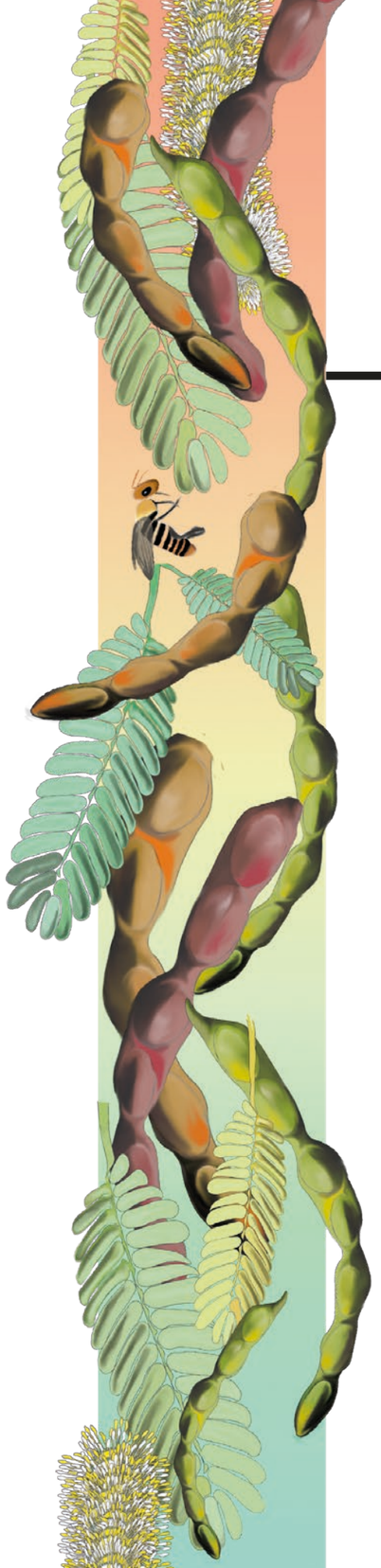






Figura 1. Harina de mezquite y sus legumbres.

LAS LEGUMBRES DEL MEZQUITE Y SU HARINA

Al ser un género leguminoso, los mezquites se reproducen mediante legumbres contenidas en vainas que pueden ser consumidas directamente, ya que son una fuente importante de carbohidratos (30-75%), proteínas (12-36.5%), grasas (2.8-4.8%) y fibra dietética (16.9-29.6%) (Armijo-Nájera *et al*., 2019), también pueden ser molidas y refinadas hasta obtener una harina de tono café claro, bastante aromática (figura 1) y ser fuente de ácidos palmítico (12.6%), oleico (35%), linoleico (45.8%), tocoferoles y compuestos antioxidantes (Gonzáles-Barrón *et al*., 2020).

Lo interesante de esta harina (a diferencia de las obtenidas a partir de cereales), es que no contiene gluten y aporta fibra, proteína y una buena cantidad de minerales como Ca, K, Mg, Zn y Fe (6-10% en total). Asimismo, cuenta con un bajo índice glucémico (< 25), por lo que representa un impacto muy bajo en los niveles de azúcar en sangre de quien la consuma (Castejón, 2020). Además, se ha reportado que la harina de mezquite favorece la reducción del estrés oxidativo, la atenuación del dolor muscular y la disminución del tiempo de recuperación postejercicio, por lo que es una buena opción para deportistas, niños y jóvenes (Reséndiz-Trejo *et al*., 2020).

De igual forma, esta harina es una excelente opción para diabéticos y personas celiacas debido a sus propiedades hipoglucemiantes y la carencia de gluten, presentándose en una amplia gama de platillos desde atoles, bebidas y panes, hasta pastas y helados. Cabe destacar que la producción de esta harina no requiere infraestructura compleja, lo cual puede generar diversos beneficios socioeconómicos a las poblaciones rurales que se dediquen a su producción.



LA MIEL DE MEZQUITE

Los mezquites florecen entre febrero y septiembre, sus flores son alargadas, amarillas y pequeñas, además de ser bastante atractivas para las abejas, las cuales van en busca de su néctar para producir la miel de mezquite. Esta miel (tradicionalmente conocida como "cuexcomate") destaca por ser muy abundante en polen, de textura fina y por variar en color desde tonos levemente amarillos a blancos (figura 2). Los productores de esta miel la cosechan desde abril hasta junio, cuando la miel deja de ser blanca y pasa a ser amarilla por el polen de otras flores (Medina-Cuéllar *et al.*, 2018).

La miel de mezquite se ha considerado como un aditivo alimenticio debido a su contenido de fructosa (80%), agua (15-18%), potasio (2-4%) y pequeñas trazas de micronutrientes como sodio, calcio y vitamina B9 (< 1%) (Mayagoitia *et al.*, 2020). Pero, además de la propuesta alimenticia que se le atribuye a esta miel, se sabe que ha sido utilizada por distintos pueblos étnicos con fines medicinales debido a la presencia de agentes antioxidantes, antiinflamatorios y antisépticos (Mărgăoan *et al.*, 2021). Sin embargo, se carece de los estudios pertinentes para corroborar la veracidad de sus propiedades curativas.



Figura 2. Miel de mezquite.

LA GOMA DEL MEZQUITE

Bajo condiciones de estrés, como ataques de insectos, heridas mecánicas, temperaturas extremas o falta de agua, el árbol de mezquite secreta un exudado como mecanismo de defensa para evitar que se degrade su tejido o corteza. Este exudado es secretado de manera natural entre los meses de mayo y julio, y finaliza al iniciar la temporada de lluvias. Dicho exudado es conocido como goma de mezquite (tradicionalmente conocida como "chúcata"), esta sustancia es de tonalidad amarilla clara, café oscuro o rojo (dependiendo de la especie), es amorfa, semilíquida, pegajosa y se endurece con el paso del tiempo (figura 3). Esta goma contiene una importante cantidad de carbohidratos (82.10%), proteínas (5.24%) y cenizas (2.17%), así como de grasa (0.18%) y taninos (0.35%).

La goma de mezquite es usada como agente estabilizante y emulsionante por la industria alimenticia en aderezos, salsas y mayonesas. También ayuda a encapsular el sabor cítrico de las frutas y puede utilizarse como recubrimiento comestible para alargar la vida de anaquel de frutas y verduras. Además, diversos pueblos rurales la utilizan para la producción de dulces y, por si fuera poco, también ha sido utilizada durante generaciones como antiséptico y analgésico (Flores, 2019).



Figura 3. Goma de mezquite.

LA MADERA DE MEZQUITE

La madera de mezquite ha sido utilizada durante generaciones por distintos grupos étnicos de México, pues al ser extremadamente resistente representa una buena forma de combustión para cocinar los alimentos. Además, esta madera es muy aromática, lo cual contribuye a la generación de sabores ahumados. En nuestro país existen diversos platillos cocinados bajo esta técnica, siendo el ejemplo más conocido la cocción de las barbacoas de "pozo", las cuales emplean madera de mezquite para obtener un sabor y aroma único. Asimismo, esta técnica es muy usada en Estados Unidos, en dónde se comercializa una gran cantidad de productos con etiquetas afirmando su cocción con esta madera (Castejón, 2020).

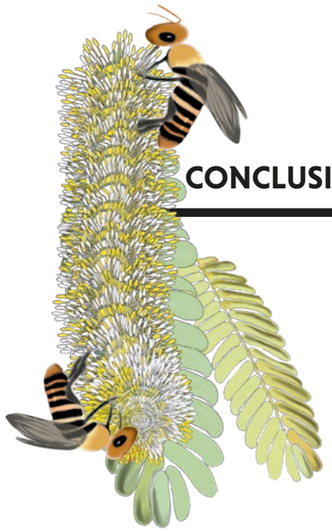


Ilustraciones: Patricia Monserrat Montes.

UN "SUPERALIMENTO" ANCESTRAL PARA EL DESARROLLO RURAL

Debido a las cualidades que presenta el mezquite, como un recurso que representa una alternativa para el desarrollo económico de diversos pueblos rurales, se han establecido diversos programas para el desarrollo comunitario, siendo uno de ellos el Proyecto Mezquite, desarrollado por el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) en colaboración con la Universidad de Notthingham en Reino Unido, los cuales buscan seguir investigando al género *Prosopis* para definir las características de este recurso vegetal y sus potenciales beneficios. Por ello, el mezquite ha servido como un sustento importante para las comunidades marginadas del país, como el pueblo seri (comunidad étnica del desierto de Sonora), el único que ha subsistido en el abrasador desierto sonorense gracias a la utilización del mezquite como fuente de alimento, y el pueblo otomí (comunidad étnica del valle del mezquital en Hidalgo), que ha sabido utilizar al mezquite como una fuente medicinal y alimenticia para subsistir durante años.

Debido a lo anterior, el mezquite ha sido introducido en diversas partes del mundo con fines estabilizadores para propiciar el mejoramiento económico y social de diversas regiones, al tener una fuente medicinal (además de alimenticia) que logre reforestar zonas semidesérticas. No obstante, al no ser una especie originaria de diversas partes del planeta, la conservación de la biodiversidad de un país debe contemplar la concientización pública, la regulación y el manejo y control de este recurso (Estrada *et al.*, 2018).



CONCLUSIÓN



El mezquite es una especie vegetal clasificada como un "superalimento" por sus propiedades nutricionales que benefician la salud de las personas. Uno de los productos obtenidos de este árbol y empleado como alimento es la harina, cuyo contenido de carbohidratos (30-75%), proteínas (12-36%), grasas (2.8-3.5%), fibra dietética (16.9-29.6%) y nulo contenido de gluten la hacen un excelente sustituto de las harinas tradicionales obtenidas del trigo; asimismo, el peculiar aroma de la harina de mezquite, similar al café, el cacao, la melaza y la avellana, enriquece los atributos aromáticos de todos los alimentos elaborados.

La miel obtenida de este árbol es un potencial sustituto de la miel tradicional, puesto que su contenido de fructosa (80%), agua (15-18%), potasio (2-4%) y pequeñas trazas de micronutrientes (< 1%), la convierten en una alternativa para pacientes diabéticos (aplicación medicinal). Por su parte, la goma de mezquite representa una destacable fuente de carbohidratos (82.10%), proteínas (5.24%) y cenizas (2.17%), así como de grasa (0.18%) y taninos (0.35%), dicho contenido la convierte en un importante emulsificador para la industria alimenticia.

Además, para esta industria la madera del mezquite es relevante por su capacidad de cocción y la incorporación de sabores. Por estas razones, este árbol representa una gran alternativa para mejorar la dieta y las condiciones socioeconómicas de diversas comunidades rurales en México, y donde se encuentre este "superalimento" ancestral.

REFERENCIAS

Armijo-Nájera, M.G., Moreno-Résendez, A., Blanco-Contreras, E., *et al*. (2019). Vaina de mezquite (*Prosopis* spp.) alimento para el ganado caprino en el semidesierto. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 10(1):113–122.

Castejón, N. (2020). *Mezquite, el árbol mexicano multiusos*. Disponible en: https://www.webconsultas.com/curiosidades/mezquite-el-arbol-mexicano-multiusos

Estrada, J.R., Cardoza, J.F., y Salas, J.S. (2018). Plantas exóticas invasoras presentes en las áreas naturales protegidas (ANP) de México y su impacto en la biodiversidad. *Ciencia UANL*. 21(89).

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). *Nuestras legumbres. Pequeñas semillas, grandes soluciones*. Disponible en: https://www.fao.org/3/ca2597es/CA2597ES.pdf

Flores, K. (2019). Los usos de la goma o chúcata del mezquite para aderezar alimentos. *El Debate*. Disponible en: https://www.debate.com.mx/estiloyvida/Los-usos-de-la-goma-o-chucata-del-mezquite-para-aderezar-tus-alimentos-20190714-0183.html

Gonzáles-Barrón, U., Dijkshoorn, R., Maloncy, M., *et al*. (2020). Nutritive and bioactive properties of mesquite (*Prosopis pallida*) Flour and its technological performance in breadmaking. *Foods*. 9(5):597. https://doi.org/10.3390/foods9050597

Jagdale, Y.D., Mahale, S.V., Zohra, B., et al. (2021). Nutritional profile and potential health benefits of super foods: a review. *Sustainability*. 13(16): 9240.

Mărgăoan, R., Topal, E., Balkanska, R., *et al*. (2021). Monofloral honeys as a potential source of natural antioxidants, minerals and medicine. *Antioxidants*. 10(7):1023.

Mayagoitia, P., Bailey, D.W., y Estell, R. E. (2020). Phenological changes in the nutritive value of honey mesquite leaves, pods, and flowers in the chihuahuan desert. *Agrosystems, Geosciences & Environment*. 3(1):1-8.

Medina-Cuéllar, S.E., Tirado-González, D.N., Portillo-Vázquez, M., *et al*. (2018). Environmental implications for the production of honey from mesquite (*Prosopis laevigata*) in semi-arid ecosystems. *Journal of Apicultural Research*. 57(4):507-515.

Papadaki, A., Kachrimanidou, V., Lappa, I.K., *et al*. (2021). Mediterranean raisins/currants as traditional superfoods: processing, health benefits, food applications and future trends within the bio-economy era. *Applied Sciences*. 11(4):1605.

Reséndiz-Trejo, J., Ramírez-Moreno, E., Ariza-Ortega, J. A., *et al*. (2020). El mezquite como ayuda ergogénica para atletas de alto rendimiento en deportes intermitentes. Revisión sistemática. *Educación y Salud. Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*. 9(17):116-124.

Shackelton, R.T., Le Maitre, D.C., Pasiecznik, N.M., *et al*. (2014). *Prosopis*: a global assessment of the biogeography, benefits, impacts and management of one of the world's worst woody invasive plant *taxa*. *AoB PLANTS*. 6: plu027.

LOS COMPUESTOS QUÍMICOS Y LOS SERES VIVOS: ¿CÓMO SE ORIGINA LA LUMINISCENCIA?

JAZMÍN MARROQUÍN FLORES*, LUIS ENRIQUE ROMERO GUTIÉRREZ*, RAÚL COLORADO PERALTA*, DELIA HERNÁNDEZ ROMERO*



Ilustración: cortesía del artista, Erick Rdz.

La luminiscencia es un fenómeno en el que una o varias moléculas poseen la capacidad de emitir luz después de excitar sus electrones a través de la absorción de radiación.

* Universidad Veracruzana, Orizaba, México.
Contacto: deliahernandez@uv.mx



Se conocen dos tipos de luminiscencia que dependen de la duración de la misma; por un lado, la luminiscencia de corta duración, denominada fluorescencia, y por otro, la luminiscencia que permanece después de haberse suspendido la fuente de excitación, denominada fosforescencia. Sin embargo, no todas las moléculas poseen esta maravillosa propiedad, para ello es necesario que posean enlaces conjugados, es decir, enlaces simples y dobles alternados, volviéndolas fotoexcitables.

Las moléculas con enlaces dobles conjugados reciben el nombre de cromóforos (figura 1). Esta luz, o luminiscencia, contrario al tipo de luz que observamos en nuestros hogares, oficinas y autos, tiene la característica de no producir calor, por lo que suele considerarse como "luz fría" y se puede observar en diferentes tonalidades de color de acuerdo con la longitud de onda en que se esté excitando y a la que la molécula emita.

Es importante tener presente que en una molécula o material existen diversas fuentes para propiciar la emisión de luz, por ejemplo, es posible utilizar un campo eléctrico (electroluminiscencia) o un campo magnético (magnetoluminiscencia); por otro lado, si se utiliza ultrasonido (sonoluminiscencia), o bien si se utiliza calor (incandescencia), cuando se utilizan fotones (fotoluminiscencia) y cuando la luminiscencia se produce mediante una reacción química (quimioluminiscencia). Siendo estas dos últimas las más comunes (Báez-Rodríguez *et al.*, 2019).

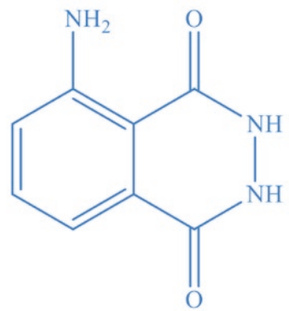


Figura 1. Estructura del luminol, molécula que emite luz en el color que se muestra.

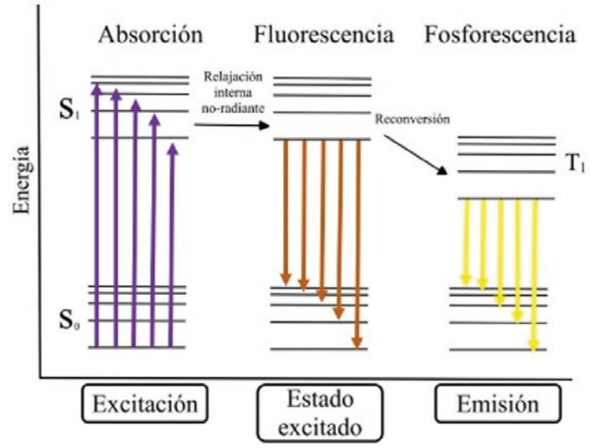
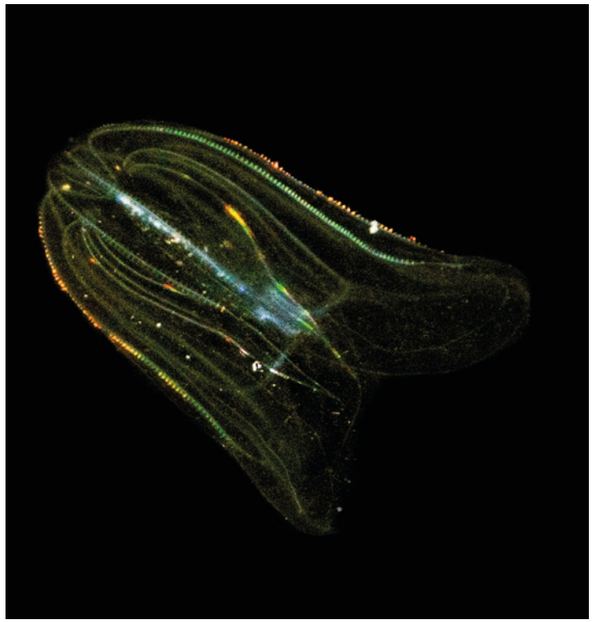


Figura 2. Diagrama de Jablonski.

En el proceso de la luminiscencia existen tres etapas importantes: la excitación de la molécula (donde la fuente de energía puede ser diversa, como se mencionó anteriormente); la absorción de energía por parte de la molécula y, finalmente, la emisión de energía en forma de luz. En este sentido se puede hacer uso del conocido diagrama de Jablonski para explicar las etapas y los procesos de migración de energía en dicho fenómeno (figura 2).

En la primera etapa, la molécula es irradiada (excitada) por una fuente externa y ésta absorbe la energía, llevándola de un estado de menor energía a un estado excitado (de mayor energía); en la segunda etapa la molécula se encuentra en un estado excitado, el cual dura poco tiempo debido a que éstos tienden a volverse estados de relajación, ocasionando que la energía absorbida se disipe parcialmente (fluorescencia); finalmente, durante la última etapa la energía del fotón previamente absorbido es emitida después de un cruce entre sistemas (fosforescencia) (González-Roldan *et al.*, 2015).









BIOLUMINISCENCIA

La naturaleza en muchas ocasiones nos permite disfrutar de espectáculos visuales asombrosos, como las auroras boreales, los arcoíris, las estrellas, la luz que se observa en las tormentas eléctricas, etcétera. Sin embargo, algunos organismos vivos también son protagonistas de su propio espectáculo visual, gracias a que poseen la capacidad de producir luz a voluntad, la cual es aprovechada para distintos propósitos, por ejemplo, como medio de defensa o reproducción. En estos casos es muy común cometer el error de referirnos a estos organismos como "organismos brillantes", y lo que realmente está ocurriendo en ellos es una serie de reacciones en las que se libera energía que podemos apreciar en forma de luz.

Esta habilidad de los seres vivos para producir luz propia ocurre de dos maneras principalmente: (1) cuando se origina por la presencia de moléculas fotoexcitables, que absorben luz a una determinada longitud de onda, y en consecuencia la emiten a una distinta longitud de onda a la que fue absorbida (fotoluminiscencia); o bien, (2) puede ocurrir mediante quimioluminiscencia, un fenómeno causado por la interacción de la luciferasa (enzima que facilita la reacción) y la luciferina, que en presencia de oxígeno ocasionan la emisión de energía en forma de luz. Este fenómeno ocurre cuando la luciferina es oxidada por el oxígeno, en donde es esencial la presencia de la luciferasa para acelerar la reacción y una molécula de ATP (adenosín trifosfato),

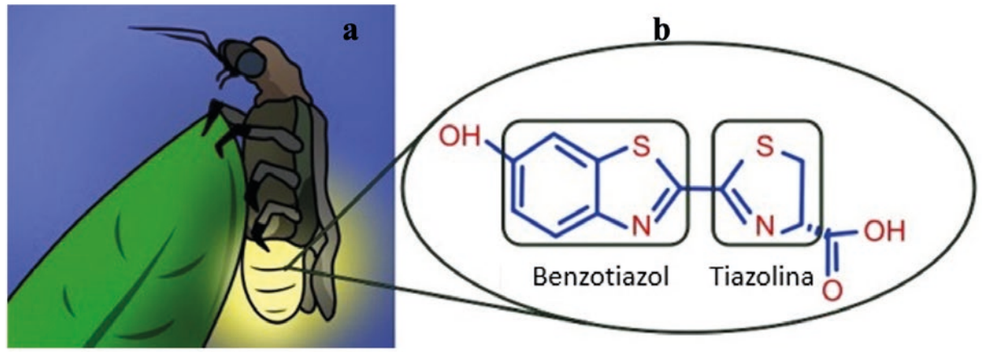


Figura 3. *a*) Luminiscencia producida por las luciérnagas; *b*) molécula de luciferina.





el cual proporciona la energía necesaria. Los organismos bioluminiscentes pueden producir luz azul, verde o en algunos casos de color rojo (Haddock, *et al.*, 2009).

La luciferina es un compuesto heterocíclico, es decir, una molécula que posee un sistema de anillos en los que un átomo distinto al carbono puede estar presente (como nitrógeno, oxígeno o azufre). La luciferina posee en su estructura un anillo de tiazolina y otro de benzotiazol (figura 3b); podría decirse que el lado del anillo de la tiazolina es la parte más activa de la molécula, puesto que éste es el fragmento que interactúa con la luciferasa, para la posterior producción o emisión de bioluminiscencia. Hasta hace algún tiempo, el caso de las luciérnagas (figura 3a) era el más conocido; sin embargo, es bien sabido que hay muchos más organismos capaces de producir su propia luz (Meighen, 1991).



Aunque algunos organismos terrestres, como las luciérnagas, larvas y algunos hongos son ejemplos de organismos bioluminiscentes, la bioluminiscencia es observable principalmente en organismos de ambiente marino, por ejemplo, ctenóforos, sinofóros, dinoflagelados y algunas bacterias (Meighen, 1991; Haddock, *et al*., 2009). Estos organismos marinos poseen la capacidad de iluminar algunas partes de su cuerpo de manera controlada e incluso modular la intensidad de la luz que emiten.

Como ya se mencionó, es más común observar organismos marinos luminiscentes, pero ¿cuál es el propósito de producir esta luz? Resulta interesante que los organismos que habitan en zonas no profundas con abundante luz han desarrollado cuerpos translúcidos para evadir a sus depredadores, y algunos otros permanecen en zonas más profundas durante el día para evitar ser vistos. En este sentido, si algunos organismos buscan ocultarse, ¿por qué producir luz si ésta los puede poner a la vista de sus depredadores?, se sabe que la mayoría de estos organismos recurren a la luminiscencia como mecanismo de defensa, para simular la luz procedente de la superficie y de esta manera ocultarse, o bien asustar a sus depredadores, distrayéndolos mientras huyen o simplemente atraer al depredador del organismo que atente contra su integridad (Bioluminiscencia, 2016).

COMPUESTOS LUMINISCENTES

Si bien la luminiscencia es un fenómeno natural, que se observa en ciertos organismos, en el laboratorio también es posible obtener compuestos químicos que presenten dicha propiedad, por lo que el diseño y síntesis de moléculas que posean esta característica es una labor de interés para los químicos orgánicos e inorgánicos. En la bibliografía mucho se ha mencionado de la obtención de compuestos luminiscentes, por lo que en esta parte nos centraremos en los compuestos de coordinación con iones lantánidos, ya que durante las últimas décadas ha tenido gran impacto, debido a las diversas áreas en las que se pueden aplicar, por ejemplo, tienen importancia tecnológica en la fabricación de materiales ópticos y magnéticos, así como para catálisis y aditivos, en la industria metalúrgica (Bünzli, 2006).

Un compuesto de coordinación está constituido básicamente por dos partes importantes: una molécula orgánica o cromóforo (mejor conocido como ligante) y un metal, en donde el metal se encuentra “secuestrado” mediante enlaces de coordinación proveniente de la parte orgánica. La eficiencia en la luminiscencia en este tipo de compuestos depende, en gran parte, de la capacidad del ligante para absorber la energía que se le suministre (Chang y Goldsby, 2013). Mientras más ricos en electrones π conjugados sean los ligantes (electrones propios de un doble enlace), más eficiente será la transferencia de energía al metal. Éste es un proceso mejor conocido como “efecto antena” y es muy característico en los compuestos de coordinación obtenidos con metales de transición interna (lantánidos) (figura 4).

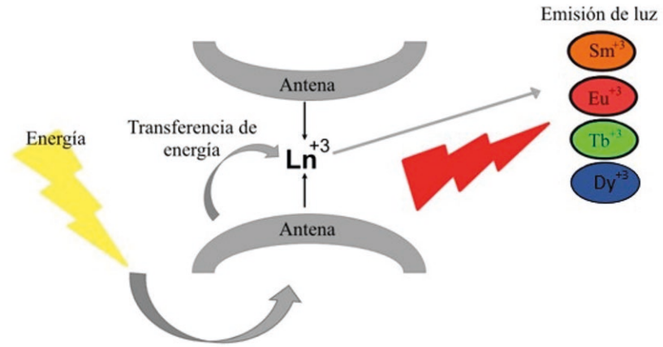


Figura 4. Efecto antena en compuestos de coordinación con iones lantánidos.

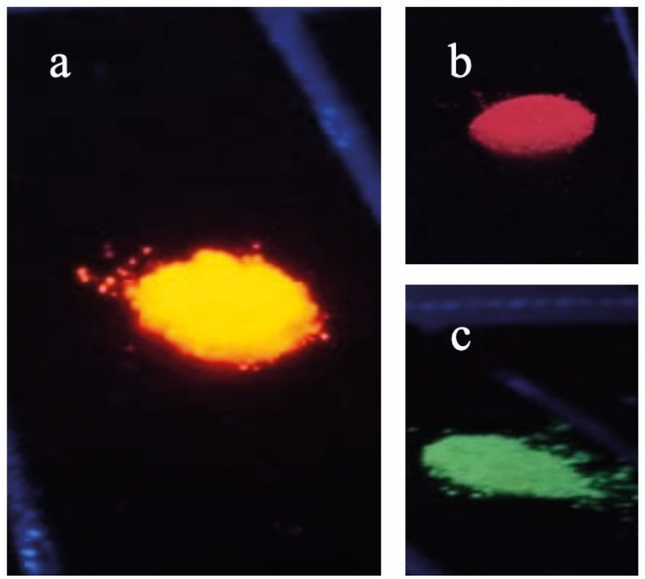


Figura 5. Luminiscencia emitida por complejos de coordinación con iones lantánidos en estado sólido; *a*) Sm^{3+}, *b*) Eu^{3+}, *c*) Tb^{3+}.

En este caso las transiciones electrónicas responsables de la luminiscencia son muy débiles y por lo tanto es muy difícil observarla. Cuando una molécula orgánica se comporta como una buena "antena" y absorbe de manera eficiente la energía, ésta tiene la capacidad de transferirla al centro metálico, favoreciendo de esta manera la estimulación de las transiciones electrónicas del metal, se dice entonces que "se sensibiliza la luminiscencia", ocasionando la emisión de luz.

Los lantánidos presentan transiciones electrónicas muy características para cada núcleo atómico, dichas transiciones se observan a diferentes longitudes de onda, yendo desde el UV-Visible (Gd^{3+}, Tm^{3+}, Tb^{3+}, Sm^{3+} y Eu^{3+}) hasta el infrarrojo cercano (Pr^{3+}, Nd^{3+}, Er^{3+} y Yb^{3+}), por lo que resulta interesante observar diferentes colores, por ejemplo, el ion Sm^{3+} produce un color anaranjado, mientras que el ion Eu^{3+} un color rojo, y el ion Tb^{3+} un color verde muy característico (figura 5). Como resultado de estas transiciones electrónicas, algunos de los lantánidos presentan luminiscencia, por un lado, los iones Pr^{3+} (praseodimio), Nd^{3+} (neodimio), Ho^{3+} (holmio), Er^{3+} (erbio) y Yb^{3+} (iterbio) presentan fluorescencia, mientras que los iones Sm^{3+} (samario), Eu^{3+} (europio), Gd^{3+} (gadolinio), Tb^{3+} (terbio), Dy^{3+} (disprosio) y Tm^{3+} (tulio) presentan fosforescencia (Uh y Petoud, 2010).

CONCLUSIONES

La obtención y estudio de compuestos luminiscentes (ya sean sintéticos o naturales) es de gran importancia, pues se les puede dar diversas aplicaciones, por ejemplo, existen reportes sobre el uso de compuestos de coordinación con lantánidos y otros metales para su uso como biomarcadores por su gran luminiscencia. En el ámbito de la óptica, se ha mencionado que pueden utilizarse como diodos orgánicos emisores de luz (OLED´s) o bien en tintas de seguridad.

REFERENCIAS

Báez-Rodríguez, A., Zamora-Peredo, L., García-González, L., *et al.* (2019). Luminescent materials: natural and synthetic. *Materia, Ciencia y Nanociencia.* 2(1):21-30.
Bünzli, J.C.G. (2006). Benefiting from the unique properties of lanthanide ions. *Accounts of Chemical Research*. 39(1):53-61. Doi:10.1021/ar0400894
Chang,R., y Goldsby, K.A. (2017). *Química*. México: Mc Graw Hill/Interamericana Editores.
González Rodal, D., Godino Ojer, M., Smuszkiewicz, Á., *et al.* (2015). Técnicas luminiscentes en criminalística. *Revista 100cias@ uned*. 8:76-82.
Haddock, S.H., Moline, M.A., y Case, J.F. (2009). Bioluminescence in the sea. *Annual Review of Marine Science.* 2:443-493. Doi:10.1146/annurev-marine-120308-081028
Meighen, E.A. (1991). Molecular biology of bacterial bioluminescence. *Microbiology and Molecular Biology Reviews.* 55(1):123-142. Doi:0146-0749/91/010123-20$02.00/0
Uh, H., y Petoud S. (2010). Novel antennae for the sensitization of near infrared luminescent lanthanide cations. *Comptes Rendus Chimie.* 13(6-7):668–680. Doi:10.1016/j.crci.2010.05.007
National Geographic. (2016). Bioluminiscencia. Una de las principales fuentes de luz del planeta son los seres vivos. *National Geographic España.* Disponible en: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/grandes-reportajes/bioluminiscencia-2_8954

SECCIÓN ACADÉMICA

Determinación de la producción de gas *in vitro*, contenido de nutrientes y energía metabolizable de forrajes y suplementos para ovinos y caprinos

Determinación de la producción de gas *in vitro*, contenido de nutrientes y energía metabolizable de forrajes y suplementos para ovinos y caprinos

Hugo Bernal Barragán*, Víctor Manuel Perrusquía Tejeida*, Nydia Corina Vásquez Aguilar*, Humberto González Rodríguez*

DOI: https://doi.org/10.29105/cienciauanl25.115-1

RESUMEN

Utilizando el método de producción de gas *in vitro*, de la Universidad Hohenheim, Alemania, se caracterizó el valor nutricional de forrajes de pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), de las arbustivas chaparro prieto (*Acacia rigidula* Benth.) y huizache (*Acacia farnesiana* L. Willd), y de tres suplementos (grano de sorgo, harina de soya y cáscara de naranja), para la alimentación de pequeños rumiantes del noreste de México. La información del contenido nutricional y de energía metabolizable determinados de seis muestras de cada forraje y suplemento puede contribuir a formular dietas que mejoren el comportamiento productivo y la sostenibilidad de sistemas pecuarios.

Palabras clave: energía metabolizable, alimentos, ovinos, caprinos, producción de gas *in vitro*.

ABSTRACT

Using the in vitro gas test of the University of Hohenheim, Germany, the nutritional value of forages of Buffel grass (Cenchrus ciliaris L.) of the shrubs Blackbrush (Acacia rigidula Benth.) and Huizache (Acacia farnesiana L. Willd), and of three supplements: sorghum grain, soybean meal, and orange peel, was characterized for feeding small ruminants from northeastern Mexico. The information on the nutritional content and metabolizable energy determined from six samples of each forage and supplement can contribute to formulating diets to improve the productive performance and sustainability of livestock systems.

Keywords: Metabolizable energy, feedstuffs, sheep, goats, in vitro gas production.

La ganadería del noreste de México requiere de la producción de suficiente cantidad y calidad de biomasa de los forrajes que constituyen la base de la alimentación del ganado. Fluctuaciones de las condiciones climatológicas de esta zona ocasionan que el suministro y disponibilidad de nutrientes y energía para el ganado, a partir de forraje de buena calidad, no siempre esté garantizado. Por tanto, el uso de suplementos para la alimentación del ganado es una estrategia que puede ser empleada para complementar la dieta a base de forrajes (Montiel *et al*., 2019).

* Universidad Autónoma de Nuevo León, General Escobedo, México.
Contacto: nydia.vasquezag@uanl.edu.mx

Al integrar la información de la composición química, la digestibilidad y la producción de gas *in vitro* mediante el método desarrollado en la Universidad de Hohenheim, Alemania (Menke y Steingass, 1988), se podrá tener información más completa y precisa del valor nutricional de los forrajes y suplementos (Vásquez, 2014), lo cual permitirá diseñar dietas más eficientes.

Con el objetivo de determinar el valor nutricional y contenido de energía metabolizable, en el presente estudio se determinaron la composición química y los parámetros de digestibilidad y degradabilidad ruminal *in vitro* en seis muestras de alimentos importantes para la ganadería del noreste de México: pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), chaparro prieto (*Acacia rigidula* Benth.) y huizache (*Acacia farnesiana* L. Willd), así como de seis muestras de los suplementos grano de sorgo, harina de soya y cáscara de naranja colectadas durante el año.

Se estableció la hipótesis de que el valor nutricional y el contenido de energía metabolizable del pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), chaparro prieto (*Acacia rigidula* Benth.) y huizache (*Acacia farnesiana* L. Willd), así como de los suplementos, grano de sorgo, harina de soya y cáscara de naranja mostrará considerable variación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron muestras representativas de forraje de pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), así como hojas del arbusto chaparro prieto (*Acacia rigidula* Benth.) y huizache (*Acacia farnesiana* L. Willd), aleatoriamente de varios sitios de pastoreo en el Campo Experimental de la Unidad Académica Marín, de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), en los meses de diciembre 2019, así como enero, febrero y septiembre-noviembre de 2020.

La colecta de las muestras de forrajes se llevó a cabo emulando el comportamiento de pastoreo de los ovinos y caprinos, por lo que el pasto Buffel se cortó a 5-10 cm del suelo incluyendo semillas, hojas y tallos de cada planta. En el caso de las muestras de arbustos, se colectaron únicamente las hojas de ramitas localizadas a una altura de entre 1 y 1.5 m (figura 1).



Figura 1. Colecta de muestras de hojas del arbusto *Acacia farnesiana.*

Se colectaron muestras de grano de sorgo y de harina de soya de forrajeras del área conurbada de Monterrey. Las muestras de cáscara de naranja se colectaron frescas de distintas jugueras, y fueron cortadas en trozos pequeños para facilitar su manipulación. Las muestras colectadas fueron secadas durante 48 h a 60°C en una estufa de aire forzado (modelo DKN402C, Yamato, Japón) y molidas en un molino Wiley (modelo 4, Arthur A. Thomas Co., PA, USA) para pasar a través de una malla de 1 mm, y almacenadas hasta su análisis en el Laboratorio de Nutrición y Calidad de Alimentos de la Facultad de Agronomía-UANL.

Los forrajes y suplementos se analizaron en el Laboratorio de Nutrición y Calidad de Alimentos, de la Facultad de Agronomía-UANL, de acuerdo con la metodología de la AOAC (2005), para determinar los contenidos de proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) y cenizas. Las fracciones de fibra (fibra detergente neutro, FDN y fibra detergente ácido, FDA) se determinaron empleando el analizador de fibra ANKOM (modelo A2000, ANKOM, NY, USA), mediante los procedimientos descritos por Vásquez (2014), también para el contenido de lignina, mediante el método de lignina ácido detergente (LDA). Los contenidos de hemicelulosa (FDN-FDA) y celulosa (FDA-lignina) se calcularon por diferencia, según Vásquez (2014).

La producción de gas *in vitro* (PG 24h) se analizó de acuerdo con la metodología propuesta por Menke y Steingass (1988), utilizando jeringas de vidrio, de 100 ml, calibradas, para incubar 200 mg de muestras de los forrajes y de los suplementos (figura 2). Como inóculo, se utilizaron 30 ml de una mezcla 2:1 (v/v) de saliva artificial y líquido ruminal obtenido de borregos provistos con fístula ruminal (figura 3), alimentados con 75% de heno de pasto y 25% de concentrado.



Figura 2. Método de producción de gas *in vitro* (Gas Test, Hohenheim, Alemania), utilizando jeringas de vidrio de 100 ml calibradas.



Figura 3. Borregos fistulados donadores de líquido ruminal.

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) se determinó incubando las muestras de los alimentos en bolsas F57 de ANKOM (con poro de 25 µm) durante 48 horas a 39°C, en una mezcla 2:1 (v/v) de saliva artificial y líquido ruminal, de acuerdo con el procedimiento Daisy^{II} (ANKOM, NY, USA). El contenido de energía metabolizable (EM) y la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) fueron estimados a partir de la PG 24h, de acuerdo con las ecuaciones propuestas por Menke y Steingass (1988).

Los resultados para los forrajes y los suplementos fueron analizados estadísticamente por separado para los tres forrajes y los tres suplementos, de acuerdo con un diseño completamente al azar, realizando un análisis de varianza (ANOVA), con seis repeticiones para cada uno de ellos. Se compararon las medias por el método Tukey, a un nivel de significancia de $P = 0.05$, utilizando el paquete estadístico SPSS (IBM, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El valor nutricional del pasto Buffel del presente estudio fue menor al reportado en estudios previos (Carvahlo *et al*., 2017; Melesse *et al*., 2017). El contenido de proteína cruda de las hojas de huizache fue mayor que en el forraje de pasto Buffel (tabla I), en concordancia con Castrejón y Corona (2017). En general, los forrajes analizados en Marín, N.L., tuvieron contenidos de proteína cruda menores, pero contenidos de celulosa mayores a los observados en Linares y Los Ramones, denotando esto el efecto que las condiciones ambientales y geográficas tienen sobre el valor nutricional de los forrajes (Chávez Espinoza *et al*., 2021).

Los valores más altos de producción de gas *in vitro* (Gas test; Hohenheim, Alemania), así como de la DIVMS, de DIVMO y de extracto etéreo en las hojas de huizache (tabla I) contribuyeron a su contenido de energía metabolizable mayor (Melesse *et al*., 2017) al del pasto Buffel y de las hojas de chaparro prieto, dos forrajes cuyos contenidos mayores de FDN, FDA y de celulosa ($P < 0.001$) determinan una menor digestibilidad para pequeños rumiantes (Carvahlo *et al*., 2017).

El contenido de proteína medido en la cáscara de naranja fue 16% menor al reportado por Montiel *et al*. (2019), y 46% menor ($P < 0.001$) al registrado en el presente estudio para el grano de sorgo. El contenido de proteína de la harina de soya del presente estudio fue 45% mayor al de los granos secos de destilería (DDGS) utilizados por Montiel *et al*. (2019) para suplementar deficiencias de proteína en forrajes consumidos por ovinos y caprinos.

Tabla I. Valor nutricional, fracciones de fibra (base MS) y valores medios de producción de gas (Gas Test, Hohenheim) *in vitro* a 24 horas (PG 24h), DIVMS y DIVMO, de los forrajes de pasto Buffel, huizache y chaparro prieto.

Parámetro (base MS)	Forraje			Estadístico	
	Pasto Buffel	Huizache	Chaparro prieto	EEM	Valor P
Proteína cruda (%)	7.60[c]	17.26[a]	13.76[b]	0.536	0.001
Energía metabolizable (kcal/kg)	1200[b]	1806[a]	1076[b]	45.660	0.001
Extracto etéreo (%)	1.97[b]	7.33[a]	1.56[b]	0.209	0.001
Cenizas (%)	8.33[b]	12.56[a]	7.32[b]	0.489	0.001
FDN (%)	73.71[a]	34.64[c]	48.28[b]	0.814	0.001
FDA (%)	49.62[a]	28.99[c]	43.45[b]	0.965	0.001
Hemicelulosa (%)	24.09[a]	5.64[b]	4.83[b]	0.727	0.001
Celulosa (%)	47.86[a]	27.44[c]	41.99[b]	0.880	0.001
LDA (%)	1.75[a]	1.55[a]	1.45[a]	0.168	>0.050
PG 24h (mL/200 mg/24 horas)	19.22[b]	23.71[a]	13.33[c]	1.382	0.001
DIVMS (%)	45.96[b]	61.62[a]	48.52[b]	1.194	0.001
DIVMO (%)	40.80[b]	51.87[a]	37.67[b]	1.196	0.001

[a,b,c] Letras diferentes en hilera indican diferencias significativas (P<0.05).

Tabla II. Contenido de proteína, energía metabolizable, cenizas, extracto etéreo, fracciones de fibra (base MS) y valores medios de producción de gas (Gas Test, Hohenheim) *in vitro* a 24 horas (PG 24h), DIVMS y DIVMO, de los suplementos grano de sorgo, harina de soya y cáscara de naranja.

Parámetro (base MS)	Suplemento			Estadístico	
	Grano de sorgo	Harina de soya	Cáscara de naranja	EEM	Valor P
Proteína cruda (%)	9.04[b]	42.77[a]	4.91[c]	0.867	0.001
Energía metabolizable (kcal/kg)	2314[b]	2434[ab]	2864[a]	150.41	0.036
Extracto etéreo (%)	1.79[a]	1.65[a]	2.09[a]	0.145	0.113
Cenizas (%)	3.96[b]	6.51[a]	4.45[ab]	0.622	0.015
FDN (%)	22.29[a]	16.31[c]	19.14[b]	0.810	0.001
FDA (%)	8.52[b]	7.81[b]	14.83[a]	0.510	0.001
Hemicelulosa (%)	13.76[a]	8.50[b]	4.30[c]	0.916	0.001
Celulosa (%)	6.86[b]	5.22[b]	13.94[a]	0.559	0.001
LDA (%)	1.65[b]	2.19[a]	0.88[c]	0.130	0.001
PG 24h (mL/200 mg/24 horas)	49.58[b]	36.25[c]	66.29[a]	3.782	0.001
DIVMS (%)	85.60[b]	90.02[ab]	93.94[a]	1.289	0.001
DIVMO (%)	65.59[c]	70.51[ab]	78.91[a]	3.197	0.020

[a,b,c] Letras diferentes en hilera indican diferencias significativas (P<0.05).

El mayor contenido de FDN y de hemicelulosa del sorgo determinó una menor producción de gas *in vitro* (Gas test; Hohenheim; P < 0.001) y de energía metabolizable (P = 0.036) a la de cáscara de naranja (tabla II), lo que permite constatar que la cáscara de naranja es un excelente concentrado energético para dietas de ovinos y caprinos (Vásquez, 2014; Montiel *et al*., 2019).

CONCLUSIONES

Se describieron particularidades en la composición química y de las fracciones de fibra de los alimentos evaluados en el presente estudio y se describió cuantitativamente su aporte energético. Las hojas de huizache y la cáscara de naranja deshidratada son importantes fuentes de nutrientes y energía para los pequeños rumiantes del Noreste de México.

REFERENCIAS

AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis*. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.

Carvalho, G.G.P., Rebouças, R.A., Campos, F.S., *et al*. (2017). Intake, digestibility, performance, and feeding behavior of lambs fed diets containing silages of different tropical forage species. *Animal Feed Science and Technology*. 228:140-148.

Castrejón F.A., y Corona, L. (eds.). (2017). *Características nutrimentales de gramíneas, leguminosas y algunas arbóreas forrajeras del trópico mexicano*. México: UNAM. 172 pp.

Chávez Espinoza, M., Bernal Barragán, H., Vásquez Aguilar, N.C., *et al*. (2021). Cell-wall composition and digestibility of five native shrubs of the Tamaulipan Thornscrub in northeastern Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 24(4):1-15.

IBM. (2013). IBM SPSS *Statistics for Windows, Version 22.0*. Armonk, NY: IBM Corp.

Melesse, A., Steingass, H., Schollenberger, M., *et al*. (2017). Screening of common tropical grass and legume forages in Ethiopia for their nutrient composition and methane production profile in vitro. *Tropical Grassland*. 5(3):163-175.

Menke, K.H., Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development.* 28:7-55.

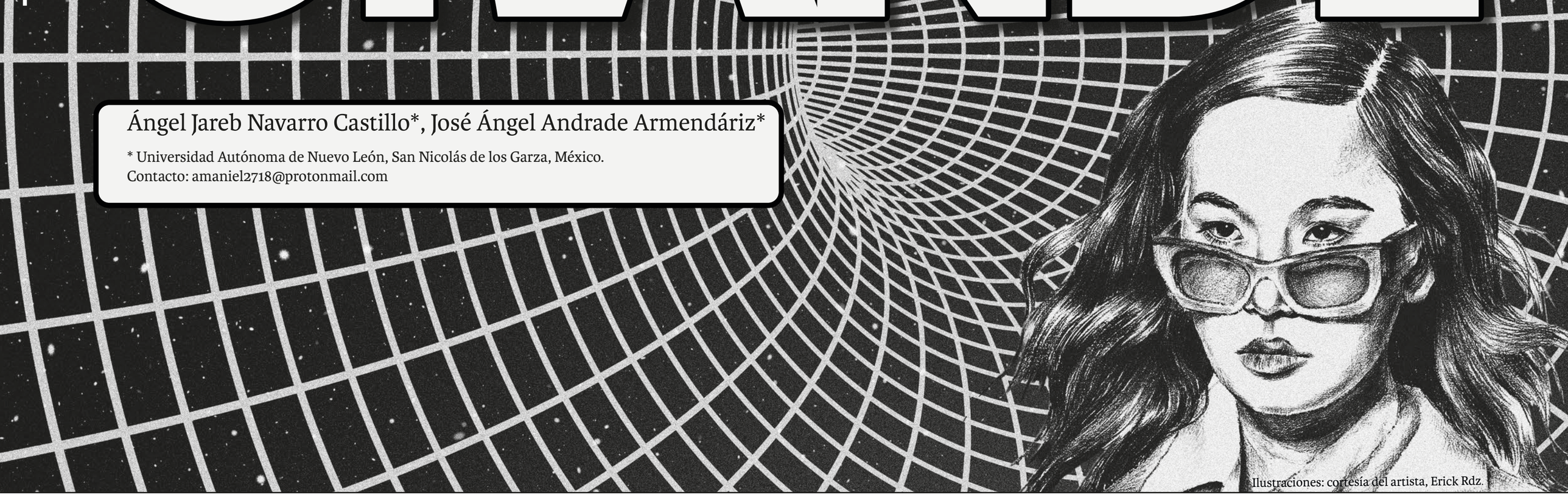
Montiel Uresti, C.A., Bernal Barragán, H., Sánchez Dávila, F., *et al*. (2019). Efecto de pulpa seca de naranja (*Citrus sinensis*) en la dieta de cabras en déficit energético. *Ciencia UANL*. 22(95): 31-36.

Vásquez, N.C. (2014). *Determinación de fracciones de carbohidratos y proteínas y del valor nutricional de pasto Buffel (Cenchrus ciliaris L.) asociado con dos subproductos agroindustriales.* Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México. 86 pp.

UN INFINITO MÁS GRANDE

Ángel Jareb Navarro Castillo*, José Ángel Andrade Armendáriz*

* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.
Contacto: amaniel2718@protonmail.com



Ilustraciones: cortesía del artista, Erick Rdz.

Hay un concepto que es el corruptor
y el desatinador de los otros.
No hablo del mal cuyo
limitado imperio es la ética;
hablo del infinito.

Jorge Luis Borges

TEORÍA DE CONJUNTOS

Los números naturales $\mathbb{N}=\{0,1,2,...\}$ son posiblemente el primer acercamiento matemático que tenemos con el infinito. No importa qué número tomes, tan grande como te sea posible, si le sumas 1 tendrás un número todavía mayor. Sin embargo, ¿cómo podemos concebir al conjunto $\mathbb{N}$, si es imposible conocer cada uno de sus elementos?, ¿tiene sentido la existencia de algo infinito?

La realidad es que el infinito está presente en la mayor parte de las Matemáticas. Los números reales, las funciones continuas, la integral, la geometría, y casi todas las ramas de las Matemáticas requieren el uso de la noción de infinito.

Y como el infinito forma parte de las Matemáticas, y por el carácter preciso y formal que tienen éstas, requiere una definición de la misma naturaleza. Esto fue conseguido a finales del siglo XIX por el matemático Georg Cantor (1845-1918), quien desarrolló *la teoría de conjuntos*.

El objetivo de este artículo es presentar la concepción matemática del infinito, y una de sus consecuencias más interesantes y sorpresivas. Para este fin, explicaremos una simplificación de la teoría de conjuntos, poco precisa en beneficio de la accesibilidad. Para un estudio más formal y detallado puede consultar Hernández (1998); en ésta y otras fuentes como Hrbacek y Jech (1999) y Jech (2013), basamos las definiciones "intuitivas" que utilizaremos en este artículo.

Un conjunto es una colección de objetos que satisfacen una propiedad en común. Si p es esa propiedad, entonces denotamos al conjunto correspondiente como $\{x/p(x)\}$[1], donde $p(x)$ es la notación que utilizaremos para abreviar "x satisface la propiedad p". Para decir que un objeto x pertenece a un conjunto X utilizamos la notación $x\in X$. Decimos que un conjunto A es subconjunto de (o está contenido en) otro conjunto B si todo elemento de A pertenece a B, y lo abreviamos con la notación $A\subset B$. Cabe aclarar que, cuando un conjunto A es subconjunto de otro conjunto B, no se está descartando la posibilidad de que sean iguales ($A=B$); si quisiéramos aclarar que son distintos ($A\neq B$) escribiríamos $A\subsetneq B$ (A está contenido en B pero no es igual a él).

Informalmente, una función es una regla de correspondencia entre dos conjuntos, de tal forma que a cada elemento del primer conjunto le corresponde únicamente un elemento del segundo conjunto. Si f es una función que asigna elementos del conjunto A a elementos del conjunto B, decimos que f es una función que va de A a B o simplemente escribimos $f: A\to B$ (véase figura 1). Si $x\in A$, entonces denotamos como $f(a)$ al elemento en B correspondiente a a. Todo acerca de una función f que va de A a B se puede abreviar escribiendo

$$\begin{array}{rccc} f: & A & \to & B \\ & a & \mapsto & f(a) \end{array}$$

donde, en lugar de escribir $f(a)$, se suele escribir la descripción general de la asignación de cada elemento a.

[1] En realidad, no toda propiedad "formal" puede definir un conjunto. Por ejemplo, si existiese un conjunto de la forma $A=\{x/x\notin x\}$ llegaríamos a una contradicción (¿se cumple $A\in A$?); a esto se le conoce como *la paradoja de Rusell*.

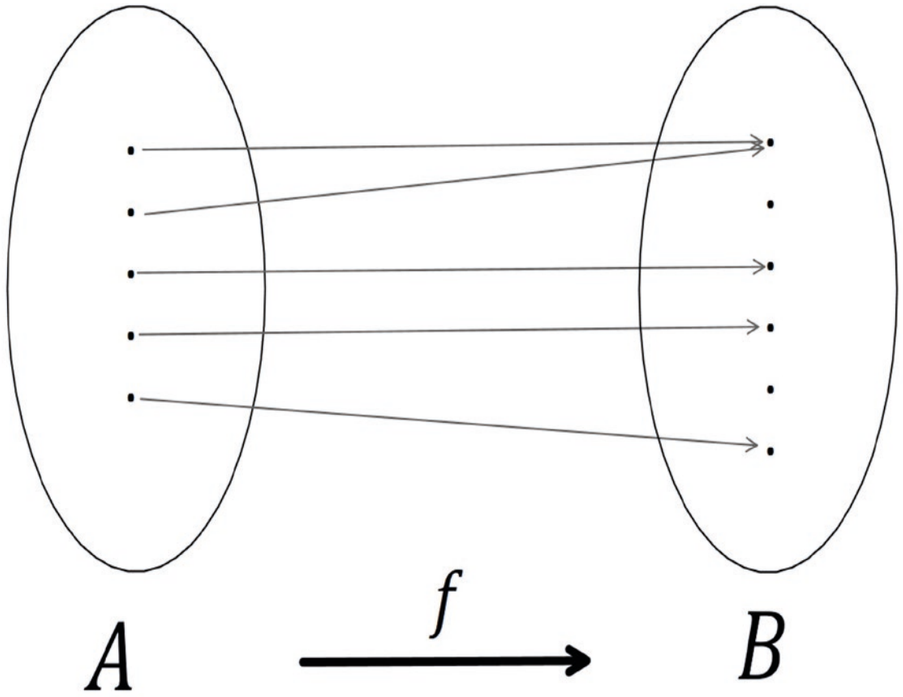


Figura 1. Ejemplo gráfico de función.

Decimos que una función $f:A\rightarrow B$ es biyectiva si a cada elemento del segundo conjunto le corresponde un único elemento del primer conjunto (véase figura 2).

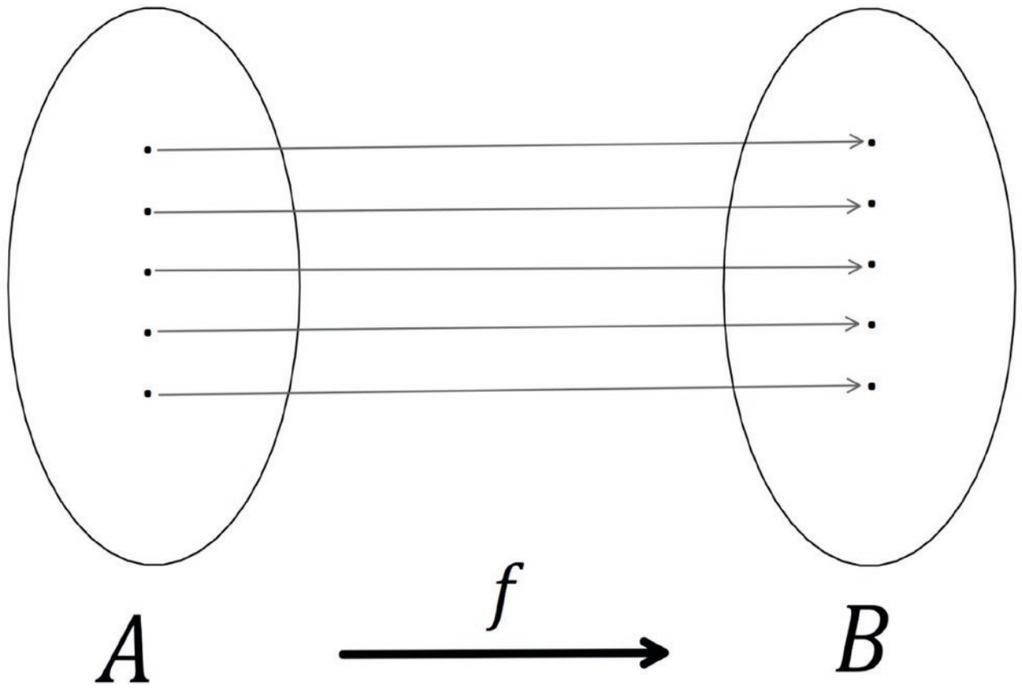


Figura 2. Ejemplo gráfico de función biyectiva.

CONJUNTOS FINITOS E INFINITOS

Decimos que dos conjuntos A y B tienen el mismo tamaño si existe una función $f:A\to B$ biyectiva, y si A tiene el mismo tamaño que un conjunto $A_n = \{0,1,\ldots,n-1\}$, decimos que es A finito y tiene n elementos. Un conjunto es infinito si no es finito.

Por ejemplo, $\mathbb{N}$ es infinito. Sin importar cómo le asignes elementos de A_n a $\mathbb{N}$, siempre van a faltar números por cubrir.

Cuando dos conjuntos A y B tienen el mismo tamaño, se suele decir que tienen la misma cardinalidad y se escribe $|A|=|B|$, donde $|A|$ denota el "número de elementos" que tiene el conjunto A, aunque su número de elementos sea "infinito".

Ejemplos conocidos de conjuntos infinitos son los de números pares, primos, enteros, racionales y reales.

El conjunto de los números enteros consta de los números naturales y todos sus negativos; lo denotamos como $\mathbb{Z}=\{\ldots,-2,-1,0,1,2,\ldots.\}$. El conjunto de números racionales es el conjunto de aquellos números conocidos comúnmente como fracciones; lo denotamos como:

$$\mathbb{Q} = \left\{ \frac{p}{q} | p \in \mathbb{Z} \text{ y } q \in \mathbb{Z} - \{0\} \right\}.$$

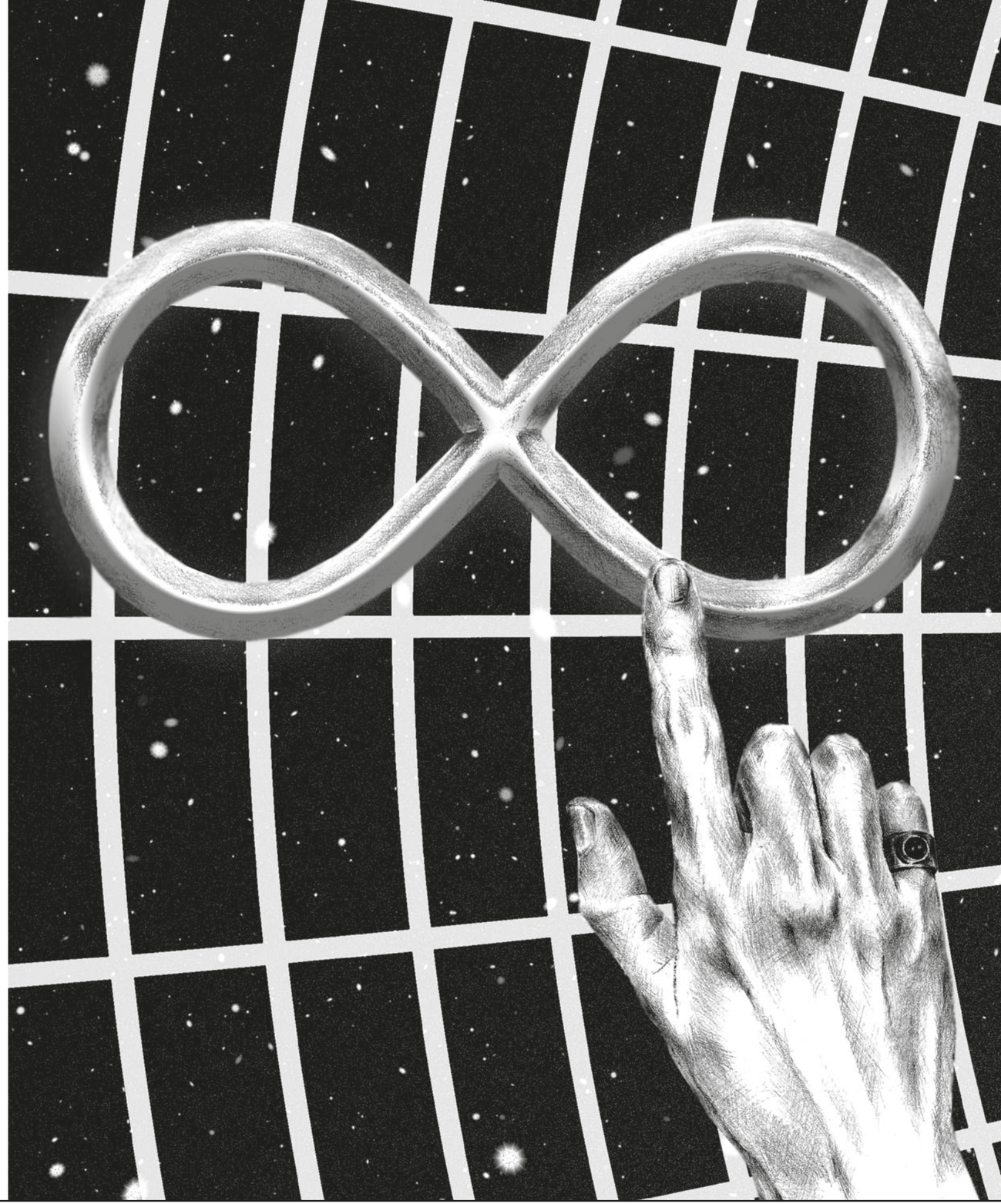
Números enteros como -2 se pueden expresar como números racionales mediante $-2/1$, por lo que todo número entero es racional.

El conjunto de números reales (denotado como $\mathbb{R}$) es un poco más difícil de definir. Nos sirve pensar en un número real como un arreglo infinito de números, donde el primer número es un número entero y el resto (los decimales) son números naturales entre el 0 y el 9. Números racionales como $1/3$ se pueden expresar dentro del conjunto de números reales como $0.33333\ldots$, por lo que abreviamos simplemente escribiendo $1/3$. Un ejemplo famoso de número real que no es racional (en cuyo caso solemos llamarles números irracionales) es $\pi=3.1415926535\ldots$

Otra forma de describir un número real es mediante una suma $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{a_n}{10^n}$, donde los números a_n son elementos de $\{0,1,\ldots,9\}$, a excepción del primero (a_0), que puede ser cualquier número entero. Por ejemplo, $-20.12333\ldots$ se puede escribir como:

$$-20 + \frac{1}{10} + \frac{2}{10^2} + \frac{3}{10^3} + \frac{3}{10^4} + \frac{3}{10^5} \cdots$$

Los conjuntos $\mathbb{Z},\mathbb{Q}$ y $\mathbb{R}$ son ejemplos de conjuntos infinitos. Cabe preguntarse, ¿son del mismo tamaño? La intuición nos puede decir dos cosas: por un lado, tenemos que $\mathbb{N}\subsetneq\mathbb{Z}\subsetneq\mathbb{Q}\subsetneq\mathbb{R}$, por lo que parece razonable pensar que son conjuntos consecutivamente más grandes que el otro. Otra intuición nos dice que todos son infinitos y por lo tanto tienen el mismo tamaño, su tamaño es el "infinito". Sin embargo, como veremos en las siguientes secciones, ambas suposiciones son erróneas.



CONJUNTOS NUMERABLES

Un conjunto es numerable si existe una función biyectiva entre éste y $\mathbb{N}$. La idea intuitiva de que un conjunto X sea numerable es pensar que sus elementos se pueden enlistar u ordenar, seleccionando un primer elemento, luego un segundo, un tercero y así sucesivamente. A pesar de que $\mathbb{Z}$ y $\mathbb{Q}$ son conjuntos que contienen a los naturales, resulta que son numerables, tienen el mismo tamaño que $\mathbb{N}$.

Para enlistar a los números enteros podemos escoger como primer elemento al cero, luego etiquetar a todos los naturales, cada uno seguido de su negativo (la lista resultante sería $0,-1,1,-2,2,-3,3,\ldots$) y, como podemos imaginar, se terminará enlistando a todos los enteros.

Puede sonar algo raro que los racionales sean numerables, ya que desde luego hay una cantidad infinita de racionales, pero, a diferencia de los números naturales y enteros, entre cualesquiera dos racionales hay una infinidad de ellos. Para exhibir la numerabilidad de los racionales probaremos que el conjunto de racionales no negativos (denotamos a este conjunto como $\mathbb{Q}^+$) es numerable, ya que si $\mathbb{Q}^+$ es numerable, se pueden ordenar los racionales negativos usando el mismo argumento que utilizamos con los enteros (el proceso de alternación de signos). Empezaremos escribiendo todos los naturales, luego, debajo de éstos escribiremos los naturales divididos entre dos, luego escribimos los naturales divididos entre tres y así sucesivamente. Luego tomaremos la numeración en diagonal, cada diagonal se tomará de izquierda a derecha, de tal forma que se termina con cada uno de los elementos de $\mathbb{Q}^+$ (véase figura 3). Hay que resaltar que en el orden que dimos para los racionales hay números que aparecen más de una vez (por ejemplo, $0/1=0/2$), pero podemos simplemente saltarlos. De lo anterior podemos concluir que $\mathbb{Q}^+$ es numerable. De modo que, como ya mencionamos, haciendo uso de la alternación de signos, se puede construir una numeración de todos los racionales.

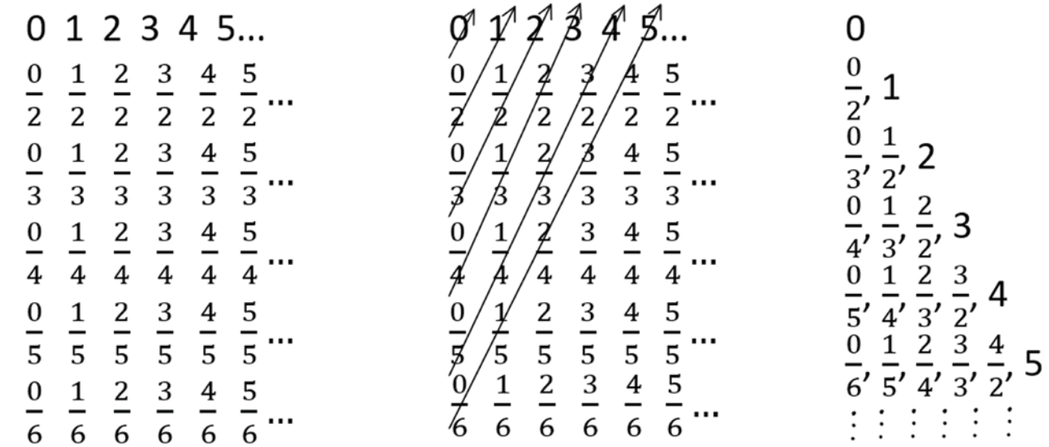


Figura 3. Numerabilidad de los racionales.

Así, a pesar de que $\mathbb{N}\subsetneq\mathbb{Z}\mathbb{Q}\subsetneq Q$, los tres conjuntos son numerables, es decir, tienen la misma cardinalidad. ¿Será que todos los conjuntos infinitos tienen el mismo tamaño?

INFINITOS MÁS GRANDES QUE OTROS

Después de saber que $|\mathbb{N}|=|\mathbb{Z}|=|\mathbb{Q}|$, resulta sorpresivo descubrir que $\mathbb{R}$ es más grande que $\mathbb{N}$. Mostraremos que existe $A \subset \mathbb{R}$ no numerable, y dado que hay una parte del conjunto de los reales que no es numerable, en general $\mathbb{R}$ es no numerable. Consideraremos al conjunto $(0,1)$, el cual consta de todos los números reales entre cero y uno.

Si suponemos que $(0,1)$ es numerable, entonces podríamos enlistarlo, como lo muestra la figura 4 (la cual exhibe los primeros cinco números), donde el k-ésimo número real tiene expansión en decimales como se ve en la imagen. Ahora, por el supuesto, todos los números reales deben estar en la lista. Denotamos al i-ésimo decimal del i-ésimo número real como $d_{i,i}$. Consideremos a un número real entre cero y uno, $x = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{D_i}{10^{i+1}}$, donde elegiremos, para cada decimal i-ésimo D_i, cualquier número distinto de d_{ii}. El número real x debería estar en la lista de los números reales, de modo que $x=n_k$ para algún $k \in \mathbb{N}$, o bien, x sería el k-ésimo número real, donde su k-ésimo decimal es $d_{k,k}$, pero el k-ésimo decimal de x es D_k, donde $D_k \neq d_{kk}$, de modo que $n_k \neq x$, lo cual es una contradicción. Por lo tanto, podemos concluir que el conjunto $(0,1)$ no es numerable, de modo que $\mathbb{R}$ no es numerable.

$n_1 \to 0.46578\ldots$ $\quad n_1 \to 0.46578\ldots$
$n_2 \to 0.55241\ldots$ $\quad n_2 \to 0.55241\ldots$
$n_3 \to 0.74027\ldots$ $\quad n_3 \to 0.74027\ldots$
$n_4 \to 0.23879\ldots$ $\quad n_4 \to 0.23879\ldots$
$n_5 \to 0.93625\ldots$ $\quad n_5 \to 0.93625\ldots$

$$x = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{D_i}{10^{i+1}} = 0.57193\ldots$$

$$d_{i,i} \neq D_i$$

$$d_{j,i}, D_i \in \{0,1,2,3,4,5,6,7,8,9\}$$

$$n_k \to 0 + \frac{d_{k,1}}{10} + \frac{d_{k,2}}{10^2} + \cdots = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{d_{k,i}}{10^{i+1}}$$

Figura 4. Diagonal de Cantor.

La anterior prueba, que consistió en construir un número tomando decimales distintos a los de la diagonal de una hipotética lista de números reales, es comúnmente llamada *diagonal de Cantor*. La demostración de la no numerabilidad de $\mathbb{R}$ fue formulada por primera vez por Georg Cantor en 1874, pero sería después cuando añadiría el argumento de la diagonal (véase Ferreirós (2008) para éste y otros detalles históricos de la teoría de conjuntos).

CONCLUSIÓN

Resulta que hay conjuntos infinitos de distintos tamaños. Expusimos aquí dos de estos "infinitos", el infinito de $\mathbb{N}$ y el de $\mathbb{R}$, pero hay incluso más, infinitos más (el lector puede investigar más en Gracián (2014), o aventurarse a un estudio formal de Hernández (1998) o Hrbacek y Jech (1999)).

La diferencia entre tamaños de dos conjuntos infinitos no está determinada por el que uno esté contenido en el otro, pues como pudimos ver $|\mathbb{N}|=|\mathbb{Z}|=|\mathbb{Q}|$.

Estos resultados pueden parecer contraintuitivos o paradójicos, pero en realidad son consecuencias de la definición precisa de conjunto infinito, una definición que nos demuestra el poder de las Matemáticas para dar luz a las ideas más desafiantes. El infinito no es inalcanzable para la razón humana, es un objeto matemático.

REFERENCIAS

Hernández, F.H. (1998). *Teoría de conjuntos*. México: Sociedad Matemática Mexicana.

Fresán, J. (2010). *El sueño de la razón: la lógica matemática y sus paradojas*. México: RBA Coleccionables.

Gracián, E. (2014). *Un descubrimiento sin fin: el infinito matemático*. México: RBA Coleccionables.

Hrbacek, K., y Jech, T. (1999). *Introduction to set theory, revised and expanded*. Nueva York: Crc Press.

Ferreirós, J. (2008). *Labyrinth of thought: A history of set theory and its role in modern mathematics*. Springer Science y Business Media.

Jech, T. (2013). *Set Theory: The Third Millennium Edition, revised and expanded* (Springer Monographs in Mathematics). Springer.

Halmos, P. R. (2017). *Naive set theory*. Nueva York: Courier Dover Publications.

De Oaxaca a Michigan:
conocimientos, prácticas y cultura para hacer Entomología.

Entrevista al doctor David Mota Sánchez

MARÍA JOSEFA SANTOS*



Mariposa monarca (imagen: David Mota Sánchez).

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



David Mota Sánchez es ingeniero agrónomo, con especialidad en Parasitología Agrícola, por la Universidad Autónoma de Chapingo, y doctor en Entomología por la Universidad del Estado de Michigan, donde es profesor asociado de este Departamento. Sus áreas de trabajo son la evolución de la resistencia de los artrópodos a los xenobióticos, Biotecnología, fisiología de los insectos y agricultura internacional, en las que ha publicado más de 55 artículos científicos en revistas indizadas, con más de 3,900 citas en Google Scholar, 14 trabajos de extensión, 13 capítulos de libro y ha graduado 17 estudiantes.

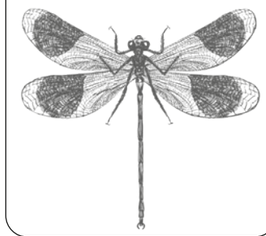
Ha sido profesor visitante en México, Ecuador, Canadá, Myanmar, Turquía y Zambia. Desde 2012 coordina proyectos de formación para incorporar a agricultores de origen latino al sistema norteamericano de agricultura. En 2014 fue seleccionado por el Departamento de Estado como científico de la Embajada en México para incrementar el conocimiento y comprensión de los cultivos derivados de bioingeniería. Desde hace cuatro años inició un proyecto de investigación y conservación de la mariposa monarca en Michoacán y el estado de Michigan.

¿Cómo inicia su carrera de investigación?

Soy de la región de Putla, un área subtropical de Oaxaca, entre la mixteca y la costa, con abundante vegetación, diversidad y ríos. Así que cuando salía de la escuela y del trabajo de la casa, me gustaba nadar en los ríos, colectar mariposas y otros insectos. No teníamos televisión y el radio sólo tenía unos minutos de señal en la mañana y en la noche. Mi padre era médico rural del pueblo y tenía una buena colección de libros, entre ellos *Cazadores de microbios*, de Paul de Kruif, una obra que me marcó. Me fascinaba leerlo y en los intensos aguaceros de la región me imaginaba que en cada gota de agua había miles de microbios. Además, veía daño por el gusano cogollero en maíz, y gusanos en frutas de mango y guayabas. También en las visitas con mi padre a las comunidades contraje malaria, de la cual aún recuerdo los fuertes escalofríos incluso bajo las cobijas.

Con estos antecedentes, mi inquietud formal por la investigación comenzó cuando era estudiante de Agronomía, con especialidad en Parasitología Agrícola. Chapingo, la universidad donde estudiaba, organizaba visitas al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), ahí nos explicaban los experimentos que hacían para analizar el rendimiento y la resistencia de variedades de trigo a la roya, la manera de mejorar las variedades de maíz en diversos ambientes, entre otros factores. A ello se sumaba la experiencia de los investigadores del Colegio de Posgraduados (Colpos), cercanos tanto física, se ubicaban a unos cuantos metros de nuestro Departamento, como intelectualmente en la medida en que eran nuestros profesores. Entre ellos había gente muy buena en Botánica, Edafología, Estadística, Fitopatología, Entomología; el doctor Ángel Lagunes, quien hizo su doctorado en la Universidad de California Riverside, fue mi consejero de licenciatura y maestría. Todo esto influyó en mi deseo de hacer investigación y desde la licenciatura mi tesis ya estaba encaminada a la Entomología.

Me gustaba nadar en los ríos, colectar mariposas y otros insectos.





Mariposas monarca alimentándose de flores en los terrenos de hibernación (imagen: David Maora Sánchez).

¿Cómo salta del trabajo aplicado de la Agronomía a los estudios científicos de Entomología?

Como dije anteriormente, desde mi tesis de licenciatura comencé a trabajar en el área de Entomología, con extractos de plantas silvestres para eliminar la plaga de la conchuela del frijol. Nos formaban como agrónomos, pero con especialidad en protección de plantas a diversos agentes adversos incluyendo malezas, virus, bacterias, hongos, nematodos e insectos. Además de otorgarnos variadas herramientas en el manejo de las plagas (variedades resistentes, control biológico, químico, umbrales económicos, trampas, etc.). Después de acabar mi tesis, comencé a trabajar en un programa operativo de la mosca del Mediterráneo en el sur de México. En mi opinión, el mejor programa del mundo en manejo de moscas estériles del Mediterráneo y otras especies de moscas de la fruta.

Después regresé a cursar la maestría, ésta sí ya en el Colegio de Posgraduados. Una de las contribuciones que realicé desde el trabajo que hice para mi tesis, que además no fue muy visible, fue investigar sobre atrayentes que permitieran monitorear y combatir las moscas de la fruta que infesta el mango y cítricos. Debemos recordar que México es una potencia en exportación de mango. Lo que entonces se usaba era una proteína importada de Alemania y de Estados Unidos. Trabajamos en colaboración con la empresa Arancia, de Guadalajara, en la construcción de varios prototipos de proteína hidrolizada que, mezclada con insecticida, sirve para atraer y matar las moscas de la fruta.

Mi tesis de maestría fue sobre el desarrollo de este producto (Captor®) que, como dije anteriormente, aunque no ha sido visibilizado, funcionó y se adoptó llegando a cubrir 70% del mercado en la producción agrícola de cítricos y mangos en México. Esto contribuyó a reducir la compra de proteína hidrolizada extranjera, una oportuna intervención en el manejo de esta plaga y con ello disminuyó la dependencia tecnológica del país.

¿Por qué decide quedarse en EE UU después de haber hecho un doctorado en este país?

En realidad, decidí quedarme en Estados Unidos por una serie de circunstancias, entre ellas las familiares. Son cosas que ocurren, nunca pensé en que viviría en ese país. Para explicarlo quiero hacer una analogía con la película *Forrest Gump*, en la que al final se observa que caen hojas de los árboles. Las hojas caen y el destino, a manera de hoja suelta, te lleva a estar en ciertos lugares que muchas veces no habías planeado. O quizá como dice el actor, es una combinación de los dos: el destino que te lleva y lo que buscas. En este caso los modelos y programas del Colegio de Posgraduados encendieron una llama para estudiar el doctorado en los Estados Unidos y para involucrarme en investigaciones en ese país.



Grupo de mariposas monarca (imagen: David Mota Sánchez).

Hacer ciencia supone una red de personas, objetos y saberes, ¿cómo hizo para tejer la suya?

Comencé mi red con la ayuda de mis mentores, estos profesores te ayudan a despegar en tu carrera académica. Desde que llegué, uno de ellos me pidió revisar un *paper*. Al terminar de hacerlo le marqué sólo poquitos errores, pero él me conminó a encontrar más. Después de leerlo muchas veces encuentras estrategias para corregirlo, e incluso reducirlo. En esencia es el uso del pensamiento crítico aplicado al *peer review* y ciencia en general. Desde aquella mi primera revisión, los editores comenzaron a reconocerme, ahora soy revisor de más de 40 revistas y editor de otras.

Por otro lado, en mi investigación trabajé con una plaga que se llama catarinita de la papa, que causa un enorme daño al cultivo del tubérculo en los Estados Unidos, Europa y Asia. En Texcoco, donde se ubican las instituciones en las que estudié, se encuentra alimentándose de especies del género *Solanum*, pero no se alimenta de papa. Esto tuvo impacto porque el grupo encontró algo nuevo en la evolución de resistencia de esta especie, toda una familia de compuestos que tienen como blanco los receptores nicotínicos para acetilcolina en esta plaga, además de resistencia incipiente a otro producto que se llama spinosad, muy usado en agricultura orgánica, y que es producido por un microorganismo.

Fue un trabajo muy citado que me ayudó a conocer profesores en Estados Unidos. Además, he investigado sobre otras especies de plagas que afectan frutales, bosques, invernaderos y, últimamente, en una especie que afecta el maíz en México y en otros continentes: el gusano cogollero. Estoy interesado en los mecanismos de defensa que usa esta plaga para hacer que los insecticidas de diferente modo de acción sean inocuos en su combate.

En el tejido de mi red, la colaboración en la construcción y revisión de la base de datos que reporta



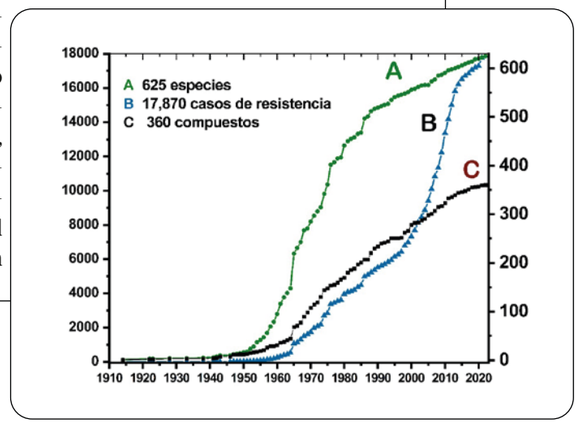
Comencé mi red con la ayuda de mis mentores, estos profesores te ayudan a despegar en tu carrera académica.



Catarinita de la papa (imagen: David Mota Sánchez).

casos de evolución de resistencia de artrópodos a insecticidas ya sean biológicos, sintéticos o botánicos desde 1914, jugó un papel muy importante, misma que se puede consultar en: www.pesticideresistance.org. La base se enriquece continuamente gracias a que leo todas las publicaciones que hay sobre evolución de la resistencia, y a que contamos con estudiantes que actualizan la información que encontramos; ésta incluye desde resistencia a insecticidas de ácaros que causan sarna en humanos y animales, hasta lo que sucede en este tema con el piojo del salmón, un parasito de los salmones de granja, pasando por mosquitos, garrapatas, plagas de cultivos agrícolas, forestales, pecuarios y enemigos naturales de las plagas.

A lo largo de mi carrera académica he conocido mucha gente. Tengo colaboradores en Australia, Europa, Indonesia, Brasil, Centro y Sudamérica, China, África. También en otras partes del mundo donde me invitan a impartir conferencias y a opinar sobre proyectos que tienen con la industria, agricultura, o con otros académicos. Formo parte de diversos grupos del área de manejo de resistencia a insecticidas. A manera de ejemplo, quiero citar que de un comité de las Naciones Unidas me pidieron un informe de lo que está ocurriendo en evolución de resistencia. Debemos recordar que la resistencia a insecticidas y antibióticos es un factor crítico en este periodo del Antropoceno, y que el cambio climático va a exacerbar la presencia de plagas. También es importante tener contactos en los organismos que otorgan financiamiento, a nivel local, estatal, federal y global. Me gusta hacerme de contactos, colaboradores y amigos. Ésta es la forma en que he tejido mi red.



Evolución de resistencia de artrópodos a xenobióticos de 1914 a 2022 (www.pesticideresistance.org).



En las universidades de EE UU hay una fuerte exigencia para trabajar en el área de extensión, ¿me puede hacer una breve reseña de sus proyectos de extensión actuales?

He participado en varios proyectos de investigación aplicada-extensión sobre plagas de frutales y hortalizas, en los que los agricultores acuden a la Universidad planteando un problema y demandan una solución. Pero una parte importante de mis proyectos de extensión son los que he tenido con los productores latinos, especialmente aquéllos que cultivan *blueberry*. Proyecto en el que participamos otros investigadores, líderes de programas (Luis García) para traer hijos de latinos a estudiar a la universidad y funcionarios de agencias gubernamentales también de origen latino.

Soy director del actual proyecto que cuenta con financiamiento del United States Deparment of Agriculture (USDA) NIFA y participan ocho extensionistas en áreas como hortalizas, frutales, negocios, polinizadores, inocuidad alimentaria, empaque, un agrónomo con muchos conocimientos prácticos sobre agricultura y otra agrónoma que trabaja con Telamon (ONG que ayuda en distintos aspectos a agricultores y jornaleros agrícolas de la Unión Americana), etc. Todo ello contribuye a incrementar nuestra credibilidad con los agricultores, para lo que también suma la contribución del ingeniero Antonio Castro, del Departamento de Agricultura del estado de Michigan (que lleva más de 20 años trabajando con estos productores) y la de otras personas.

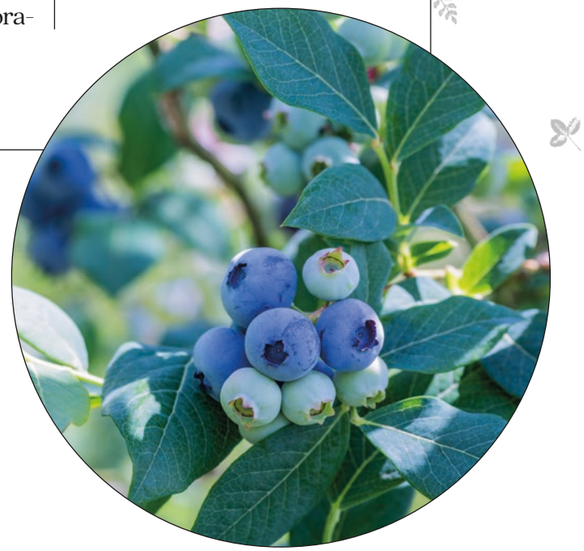


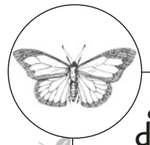
Gusano cogollero (imagen: David Mota Sánchez).



Este proyecto me llena de orgullo, porque interactuo con más de 200 productores de *blueberry* que, en este momento, tienen una difícil situación debido a la escasez de mano de obra; no hay jornaleros agrícolas. Primero, porque aquéllos que venían del sur ya casi no llegan. En segundo lugar, porque los agricultores latinos, que tienen casi siempre pequeñas fincas, no cuentan con los recursos económicos para acceder al trabajo de los jornaleros contratados con visados temporales, a los que les tienen que dar un lugar donde vivir, servicios de salud y un salario superior al que pueden pagar. Además, los pocos jornaleros que llegan del sur o locales prefieren contratarse en los viveros en los que se cultiva mariguana para uso recreativo, extracción de aceites y otros compuestos donde les pagan más de 20 dólares la hora, con la ventaja adicional de que no se exponen tanto a las inclemencias del tiempo. Este problema es extensivo no sólo a los productores latinos, sino a todos los que inician con la actividad agrícola.







¿En qué medida se complementan los proyectos de extensión con los trabajos construidos desde la perspectiva científica?

La complementariedad comienza cuando los agricultores reportan sus problemas. En algunos casos sabemos resolverlos, pero también hay problemas nuevos. Nuevos y viejos problemas son reportados a los extensionistas, que dependen del Departamento de Extensión de la Universidad, quienes los difunden entre los investigadores de los distintos departamentos de investigación. Cuando esto ocurre, en el campus se diseñan trabajos de investigación y con el resultado de éstos se obtiene información para que los extensionistas la difundan, esta vez a los productores.

Entonces se establece una interrelación muy grande entre el área de extensión, los productores y los investigadores para generar nuevo conocimiento. También hay planteamientos desde los grupos científicos encaminados a ayudar a los productores en ciertos problemas. Tenemos que recordar que todo es procesual. La agricultura no es un blanco fijo, todo cambia, es, por tanto, un blanco en movimiento. Siempre surgen nuevas plagas, nuevas invasiones, luego está la variable del cambio climático. En fin, muchas situaciones que tendrán impacto en las siguientes décadas y generaciones.



Tenemos que recordar que todo es procesual. La agricultura no es un blanco fijo, todo cambia, es, por tanto, un blanco en movimiento.

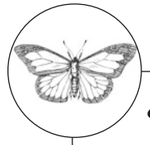


¿Qué vínculos tiene con colegas en México y para qué le han ayudado?

Los vínculos se construyen desde varias vías. La primera es el intercambio informal de conocimientos. Así tenemos comunicación y platicamos sobre problemas, incluso en grupos de WhatsApp, con colegas de Chapingo, del Colegio de Posgraduados u otras instituciones donde discutimos alternativas de solución, sobre asuntos como la resistencia a plagas en distintos cultivos como el de algodón. La segunda vía es la de invitar a mi laboratorio a estudiantes de doctorado que trabajan sobre temas y plagas específicas que le interesan a México, como el gusano cogollero, que ataca al maíz de nuestro país, pero que también se ha extendido a otras áreas de África, Asia y Oceanía.

Estoy muy orgulloso de mis estudiantes de doctorado de México. Por otro lado, tenemos mecanismos más formales, por ejemplo, consultas de mis colegas mexicanos y en ocasiones escribimos artículos juntos. Asimismo, participo en un nuevo proyecto con la gente de un centro de investigación en Yucatán.

Por último, se encuentra mi proyecto con la mariposa monarca donde tengo contacto no sólo con los investigadores, sino con las personas que están en contacto con las monarca, la gente de las localidades donde llega. Con estas relaciones he aprendido muchas cosas que me gustan y enriquecen mi trabajo.



¿Qué le ha dado la MSU al Dr. Mota y usted qué piensa que le ha dado a la MSU?

La Michigan State University es un lugar donde trabajan excelentes investigadores, lo que me ha permitido interactuar con especialistas ubicados en distintos lugares del mundo y que cuentan con culturas diversas. El sistema administrativo es muy bueno. La Universidad brinda a los investigadores la posibilidad de interactuar con grupos interdisciplinarios, entomólogos, genetistas y otros que puedes encontrar en el mismo campus. He podido viajar a distintos lugares en Estados Unidos y el mundo, para conocer a gente que de otra manera sólo hubiese leído. Quizá lo que le falta a la Universidad es tener un mayor número de *faculty* en las que los estudiantes latinos se puedan identificar. Hay buenas intenciones, pero es un proceso largo.

Por mi parte, creo que lo que he dado a la MSU es diversidad de ideas y experiencias. Cuando llegué a Estados Unidos traje mi práctica profesional de lugares como el Programa de la de Mosca del Mediterráneo, la Universidad Autónoma de Chapingo, el Colegio de Posgraduados, la Universidad de Cornell y el Departamento de Sanidad Vegetal-Sagarpa. Otra experiencia es lo que ocurrió con la base de datos de resistencia gracias al trabajo pionero del doctor Lagunes y el doctor GP Georgiou, un profesor de la universidad de California Riverside. Cuando llegué a la MSU mi mentor se dedicaba más a conseguir fondos, con lo que me dejó trabajando la parte científica, actualmente soy yo quien lidera el proyecto. Eso me hizo madurar en muchas cosas.

Eso es lo que creo que le doy a la Michigan State University, diversidad, una visión global que, por supuesto, la Universidad tiene y procura, pero no es tan fácil conjuntar experiencias. Aquí soy parte de lo que llaman el *melting pot*, pero nunca me he olvidado de México y de mi tierra, y sobre todo tengo diferentes tipos de chiles para cocinar incluyendo el chile costeño.

Muchas gracias, doctor Mota, por su tiempo a esta entrevista.

Dra. María Josefa Santos, aprecio infinitamente el honor de elegirme para esta entrevista.

EN MODO DE EMERGENCIA EL DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE

PEDRO CÉSAR CANTÚ-MARTÍNEZ*

* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.
Contacto: cantup@hotmail.com



El 5 de junio de 2022, el tema del Día Mundial del Medio Ambiente, abordado sobre el lema de "Una sola Tierra", fue llevado a cabo con la colaboración del gobierno de Suecia y el auspicio del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Se escogió a Suecia como anfitrión ya que entre las particularidades que distinguen a este día, se cumplió medio siglo de haberse propuesto esta fecha durante la reunión de Estocolmo en 1972 (ONU, Programa para el Medio Ambiente, 2022b). Ahora, principalmente se busca establecer prerrogativas como acciones sustentables que permitan al ser humano salvaguardar los recursos naturales e impulsar la responsabilidad social. Además, con la finalidad de guiar a la sociedad hacia estilos de vida más simétricos con el medio ambiente.

De tal manera que en esta celebración las autoridades gubernamentales suecas acogerán la conferencia titulada "Estocolmo+50: un planeta sano para la prosperidad de todos, nuestra responsabilidad, nuestra oportunidad". ¿Qué se pretende con esta conferencia y celebración?, esencialmente crear políticas nacionales e internacionales que den como consecuencia un hábitat más impoluto, ecológicamente deseable y muy importantemente sustentable. La razón, que las preocupaciones sociales, ambientales y económicas no han disminuido y seguramente se seguirán manifestando –en el seno de estas conmemoraciones– las inquietudes en derredor del cambio climático, la contaminación –en todas sus formas– y adicionalmente la pérdida de la diversidad biológica en el mundo (Cantú-Martínez, 2020).

Con lo anterior, puede agregarse que ha quedado muy claro que la sensibilidad social, frente al curso de las eventualidades socioambientales, ha sido escasa y no lo suficiente para revertir la crisis de valores que socialmente acogemos desde hace más de 50 años. Donde proteger la biodiversidad, estimular la comprensión de los servicios ecosistémicos y superar la resistencia social para construir un modelo sustentable y armonioso entre la naturaleza y el ser humano han dado cuenta de la falta de compromiso y respeto por la conservación del medio ambiente y del restablecimiento de las funciones naturales.

Por lo tanto, se hace pertinente abordar, mediante este manuscrito, la génesis de esta reunión en Estocolmo 1972, el escenario en América Latina y el Caribe (ALyC) de las condiciones ambientales a partir del compromiso del Plan y Metas de Aichi, las cuales, de manera concreta, se encuentran en una etapa de emergencia planetaria, y finalmente, se concluirá con unas consideraciones finales al respecto.



GÉNESIS DE ESTOCOLMO 1972

La conferencia de las Naciones Unidas –Estocolmo 1972–, denominada Medio Ambiente Humano, que fue llevada a cabo del 5 al 16 de junio, tuvo como eje central tratar sobre las eventualidades ambientales que se cernían a nivel internacional, y particularmente se circunscribían al deterioro ambiental, la contaminación y la explosión demográfica (Ward y Dubos, 1972; Cantú-Martínez, 2015a). Esta génesis, de la reunión, se vio antecedida de una gran cantidad de denuncias, por la envergadura de las problemáticas ambientales como consecuencia del desarrollo industrial (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2009).

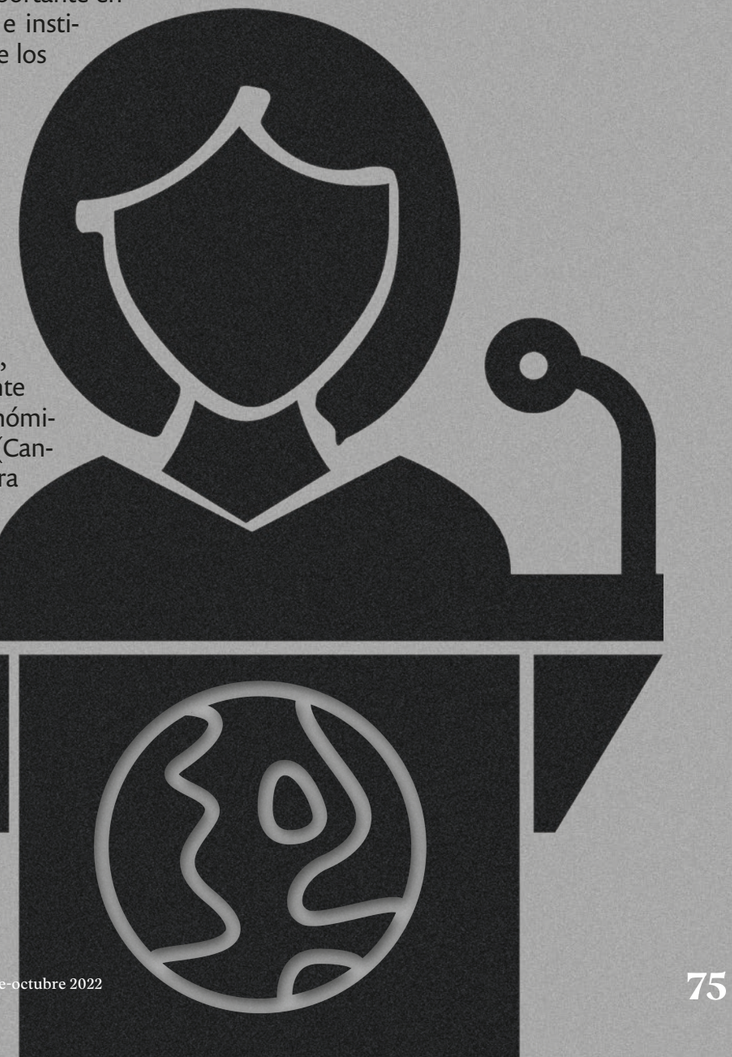
Partiendo de estos antecedentes, se reconoció que estos sucesos no se ceñían a una región geográfica o política en particular, por lo cual fue conveniente convocar y reunir a las estructuras gubernamentales de los distintos países –asistieron 113 naciones–, así como a los académicos, científicos y organizaciones no gubernamentales, para tratar estos temas con alcances de orden transnacional.

Los trabajos durante este lapso versaron sobre una gran cantidad de informes que fueron presentados, de los cuales destacan 86 documentos provenientes de los países que asistieron. Del análisis y discusión de los testimonios escritos, se llega al acuerdo de elaborar la Declaración sobre el Medio Humano, que se constituyó de 26 puntos. Entre los acuerdos, que se indican en la declaración que surge en dicha reunión, se advierte la preocupación del impacto que el ser humano ha causado –hasta ese entonces– en el entorno natural. Como se advierte en el punto 1 de este documento:

> El hombre es a la vez obra y artífice del medio ambiente que lo rodea, el cual le da el sustento material y le brinda la oportunidad de desarrollarse intelectual, moral, social y espiritualmente. En la larga y tortuosa evolución de la raza humana en este planeta se ha llegado a una etapa en que, gracias a la rápida aceleración de la ciencia y la tecnología, el hombre ha adquirido el poder de transformar, de innumerables maneras y en una escala sin precedentes, cuanto lo rodea. Los dos aspectos del medio ambiente humano, el natural y el artificial, son esenciales para el bienestar del hombre y para el goce de los derechos humanos fundamentales, incluso el derecho a la vida misma (Naciones Unidas, 1973).

Tras la emisión y aprobación por las Naciones Unidas de esta declaración, emanaron líneas de acción encaminadas a tratar los temas que ahí se discutieron, como el ordenamiento territorial de los asentamientos humanos, la educación ambiental, la calidad ambiental, conservación de los recursos naturales, la contaminación y lo relativo al impacto de los contaminantes (Naciones Unidas 1973). En este sentido, Cabrera (2003:303) comenta que tras la reunión de Estocolmo 1972 se promueve también "el inicio del derecho internacional ambiental, el cual a su vez ha marcado una pauta importante en la construcción de leyes, políticas e instituciones nacionales en cada uno de los países".

No obstante, el resultado más persuasivo ha sido que tras dicho encuentro internacional se abrió el comienzo del diálogo internacional entre los gobiernos de las naciones para tratar temáticas conjuntas referentes al deterioro del ambiente, menoscabo de la biodiversidad, contaminación y el vínculo existente con el desarrollo y crecimiento económico de las sociedades en el mundo (Cantú-Martínez, 2015b). De esta manera se concretó que el ser humano enfrentaría una crisis ambiental de orden global, por los daños considerables que había provocado al entorno natural, en los años venideros.





CONTEXTO PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Sin lugar a dudas, tras estos 50 años de la reunión de Estocolmo, la región ALyC sigue siendo una de las que aloja gran riqueza de biodiversidad en el mundo. Datos explícitos en 2016 del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP por sus siglas en inglés) y del Centro de Monitoreo de la Conservación Mundial (WCMC) hacen del conocimiento que aproximadamente 60% de la flora y fauna del planeta se alberga en esta región. Y entre las naciones que ostentan mayor diversidad biológica encontramos: Brasil, Colombia, Ecuador, México, Perú y Venezuela.

Sin embargo, en este lapso, para todos es perceptible la profunda crisis que atraviesa el ser humano en todo el mundo, donde ALyC no queda exenta. Este dilema se incrementa aún más cuando, por nuestras propias actividades antropogénicas, vamos deteriorando y quebrantando los sistemas naturales, juntamente con una ostensible pérdida de diversidad biológica. Esto nos hace reflexionar que estamos muy alejados de los propósitos que se establecieron en la estrategia planteada por el Convenio sobre la Diversidad Biológica (Naciones Unidas, 1992) y el pliego denominado Metas de Aichi, que integran parte del Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 (ONU, Programa para el Medio Ambiente, 2022a).

Estos fundamentales antecedentes, aunados al reporte del Estado de la Biodiversidad en ALyC (UNEP-WCMC, 2016:1), proporcionan una perspectiva sobre el valor de la diversidad biológica y a la vez permiten hacer una evaluación del Plan y Metas de Aichi, con lo cual dan cuenta de la situación que prevalece en ALyC –que no es nada halagüeña– y que subraya sucintamente lo siguiente:

- La disminución de la abundancia de especies y los altos riesgos de extinción continúan.
- El ritmo de pérdida de hábitats en América Latina y el Caribe ha disminuido, pero sigue alto.
- Algunas presiones asociadas con crecimientos económicos rápidos y desigualdades sociales están impactando los recursos naturales de la región.
- La expansión e intensificación de la agricultura para incrementar áreas para el ganado, tierras cultivables y para materias primas continúan.
- La región experimenta gran desarrollo de la infraestructura en rutas y diques.
- Los impactos en la biodiversidad de las grandes concentraciones de población en áreas urbanas son de particular importancia en la región.
- Las economías de los países dentro de la región son comprensiblemente dependientes de los recursos naturales.
- La extracción de recursos para minerales e hidrocarburos, en algunos casos, ha llevado a la devastación local con impactos directos e indirectos en la biodiversidad, como la extracción de la vegetación, la contaminación de las aguas y de la tierra.
- La contaminación transfronteriza y local es ahora reconocida como un factor ambiental en la salud humana de la región.
- El cambio climático indujo impactos en los arrecifes de coral y hábitats montañosos dentro de la región que ahora están siendo observados.

Estas condiciones imperantes han sido documentadas a partir de los estudios realizados por muchos investigadores. Entre los que encontramos, por ejemplo, el de Han *et al*. (2014), quienes conciben un sistema para monitorear los indicadores de biodiversidad; además, el estudio de García *et al*. (2014), quienes llevan a cabo una investigación sobre las condiciones del bosque seco tropical; la indagación ejecutada por Aguiar *et al*. (2016), que versa sobre los escenarios de transición en la floresta amazónica producto de los constantes cambios de usos de suelo y, finalmente, los estudios realizados por WWF World Wide Fund for Nature (2016), en el sur de Sudamérica, particularmente en Chile y Argentina.

Es importante hacer hincapié en que las condiciones ambientales que subsisten en ALyC son, además, reflejo de lo que está sucediendo en otras latitudes del mundo, y sobre lo que acontece con los compromisos establecidos por el Plan y Metas de Aichi. Al llegar a este punto, se debe reconocer que el cumplimiento –o incumplimiento– por los 193 países que subscribieron este plan y sus metas, no ha permitido reducir la presión ejercida sobre los recursos naturales y la diversidad biológica en el mundo.

Aquí vale la pena aludir que el escenario anterior ha traído consigo, además, efectos negativos sobre los sistemas productores de alimentos, y la manifestación insólita de escasez de agua dulce en muchos lugares del mundo. Por lo tanto, se requiere, de forma urgente, el restablecimiento de los servicios ecosistémicos. En gran parte se logrará revertir este contexto si preservamos la biodiversidad –pensando en un solo planeta– y se termina, asimismo, con el vínculo existente entre las nuevas y futuras generaciones con el detrimento, abuso y arbitrariedad que los sistemas económicos prevalecientes han provocado, todo al amparo de la sustentabilidad débil.



CONSIDERACIONES FINALES

Como ya se ha señalado, esta celebración del día mundial del medio ambiente conllevará en la conciencia del tejido social que todavía los patrones actuales de desarrollo de sustentabilidad débil –que son ostensibles– siguen degradando la capacidad limitada de la naturaleza y, además, con ello se dejan a la deriva los sistemas naturales y el mismo bienestar del ser humano.

En este contexto, la sustentabilidad débil ha hecho que, en los últimos 30 años, la economía se haya elevado por la extracción desmedida de biorrecursos y también por el uso de energía, principalmente con emisiones de gases de invernadero, que no han disminuido, empeorando así uno de los rostros de esta crisis ambiental. Adicionalmente, el modelo de desarrollo de sustentabilidad débil ha impulsado y agrandado la brecha de desigualdad entre las distintas sociedades del mundo, ampliándose el número de personas pobres, que asciende a 1,300 millones, y el número de seres humanos que aún padecen hambrunas, alrededor de 700 millones.

En este día de celebración del medio ambiente –en modo de emergencia– habría que cuestionarnos de manera honesta y sincera: ¿han disminuido los problemas socioambientales desde 1972, o bien se han incrementado en 2022? ¿Los sistemas socioeconómicos han comprendido, desde 1972, la importancia y beneficios que aportan los sistemas naturales, o bien se han seguido ignorando todavía en 2022? ¿La sociedad está cumpliendo los compromisos contraídos desde 1972 para limitar los daños ambientales, o bien no los ha cumplido y los ha encubierto bajo el término de sustentabilidad débil?

Finalmente, como respuesta anticipatoria, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2021:9) indica lacónicamente que la "humanidad enfrenta unos desafíos ambientales que han venido aumentando en número y gravedad desde la Conferencia de Estocolmo de 1972 y que representan ya una emergencia planetaria". Y más recientemente, ¿en este 2022, han existido avances en los Objetivos del Desarrollo Sustentable, o bien sólo se han convertido en letra muerta ante la pérdida de la diversidad biológica, contaminación, hambrunas y pobreza existente?









REFERENCIAS

Aguiar, A.P.D., Vieira, I.C.G., Assis, T.O., *et al*. (2016). Land use change emission scenarios: anticipating a forest transition process in the Brazilian Amazon. *Global Change Biology*. https://doi.org/10.1111/gcb.13134

Cabrera, J.A. (2003). El impacto de las declaraciones de Río y Estocolmo sobre la legislación y las políticas ambientales en América Latina. *Revista de Ciencias Jurídicas*. 100:301-331.

Cantú-Martínez, P.C. (2015a). Ascenso del desarrollo sustentable. De Estocolmo a Río +20. *Ciencia UANL*. 18(75):33-39.

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

Cantú-Martínez, P.C. (2020). *Escenarios de los pueblos indígenas frente al cambio climático*. México: Universidad Autónoma de Nuevo León.

García, H., Corzo, G., Isaacs, P., *et al*. (2014). Distribución y estado actual de los remanentes del bioma de bosque seco tropical en Colombia: insumos para su gestión. En: C. Pizano y H. García (eds.) *El bosque seco tropical en Colombia* (pp. 229-251). Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).

Han, X., Smyth, R.L., Young, B.E., *et al*. (2014). A Biodiversity Indicators Dashboard: Addressing Challenges to Monitoring Progress towards the Aichi Biodiversity Targets Using Disaggregated Global Data. *PLoS ONE*. 9(11):e112046. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112046

Naciones Unidas. (1973). *Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano*. Nueva York. NU.

Naciones Unidas. (1992). *Convenio sobre la diversidad biológica*. Disponible en: https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf

ONU Programa para el Medio Ambiente. (2021). *Hacer las paces con la naturaleza: plan científico para hacer frente a las emergencias del clima, la biodiversidad y la contaminación*. Nairobi: PNUMA.

ONU Programa para el Medio Ambiente. (2022a). *Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020, incluidas las Metas de Aichi para la Diversidad Biológica*. Disponible en: https://www.cbd.int/sp/

ONU Programa para el Medio Ambiente. (2022b). *Una sola Tierra será el tema del Día Mundial del Medio Ambiente 2022, auspiciado por Suecia*. Disponible en: https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/una-sola-tierra-sera-el-tema-del-dia-mundial-del-medio

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. (2009). *Educación ambiental: aportes políticos y pedagógicos en la construcción del campo de la educación ambiental*. Buenos Aires: Jefatura de Gabinete de Ministros de Argentina y Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Argentina.

UNEP-WCMC. (2016). *El estado de la biodiversidad en América Latina y el Caribe*. Cambridge: UNEP-WCMC.

Ward, B., y Dubos, R. (1972). *Una sola tierra*. México: Fondo de Cultura Económica.

WWF World Wide Fund for Nature. (2016). *Southern South America: Chile and Argentina*. Disponible en: http://www.worldwildlife.org/ecoregions/nt0404

De androides, obesidad y aves mentirosas

LUIS ENRIQUE GÓMEZ VANEGAS*



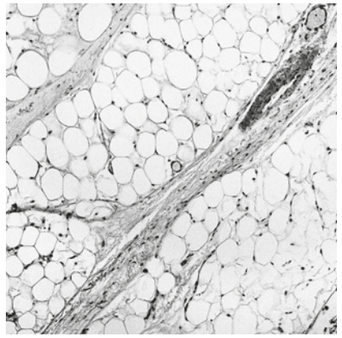
Yo no sé a ustedes, pero a mí más de una vez me regañaron por comer muchos dulces, y la frase siempre era la misma: "No comas muchos dulces porque te va a dar azúcar". Y es que las mamás casi siempre tienen razón, prueba de ello es que por culpa de toda esa comida chatarra que consumimos, mucha gente en el mundo tiene diabetes. Sólo en Estados Unidos la cifra asciende a más de 34 millones, según algunas estimaciones.

La vigilancia de los niveles de glucosa en sangre por el propio paciente de diabetes es esencial para mantener a raya a la enfermedad, pero el dolor y la incomodidad causados por la necesidad diaria de tomar muestras de sangre pinchándose un dedo pueden hacer que la gente no se haga la prueba con la frecuencia que debería. Sin embargo, hay una buena noticia, y es que investigadores de la Universidad de California han desarrollado un dispositivo de bolsillo que puede medir la glucosa ¡en el sudor de la yema de un dedo!, bastando para ello un contacto físico suave y breve. El dispositivo cuenta con un algoritmo personalizable para cada individuo que proporciona una estimación precisa de los niveles de glucosa en sangre.

Dado que los niveles de azúcar son mucho más bajos en el sudor que en la sangre, pueden variar con la tasa de sudoración de una persona y las propiedades de la piel. En consecuencia, el nivel de glucosa en el sudor no suele reflejar con exactitud el valor en sangre. Para obtener una estimación más fiable del nivel de azúcar en sangre a partir del sudor, se optó por idear un sistema que pudiera recoger el sudor de la yema del dedo, medir la glucosa y luego corregir la variabilidad individual.

Cuando la persona coloca la yema del dedo sobre la superficie del sensor durante un minuto, un hidrogel absorbe pequeñas cantidades de sudor. En el interior del sensor, la glucosa del sudor experimenta una reacción enzimática que da lugar a una pequeña corriente eléctrica detectable por un componente del dispositivo.

En las pruebas, el algoritmo tuvo una precisión superior a 95% en la predicción de los niveles de glucosa en sangre antes y después de las comidas. Para mantener bien calibrado el dispositivo, la persona con diabetes necesitará un pinchazo en el dedo sólo una o dos veces al mes. Los creadores de este sistema han publicado los detalles técnicos del mismo en la revista académica *ACS Sensors*, con el título "Touch-Based Fingertip Blood-Free Reliable Glucose Monitoring: Personalized Data Processing for Predicting Blood Glucose Concentrations" (fuente: NCYT de Amazings/*ACS Sensors*).



La diabetes se caracteriza por un nivel elevado de azúcar en la sangre y la aparición de resistencia a la insulina, la hormona que permite a las células utilizar el azúcar presente en la sangre para obtener energía; también está muy relacionada con la obesidad, pues el exceso de tejido adiposo blanco (tejido graso comúnmente llamado grasa blanca, que contiene la mayor parte de la energía almacenada en el cuerpo) se asocia con estos síntomas.

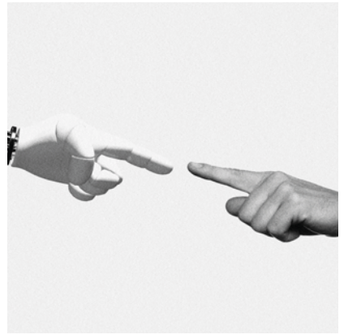
Ahora, lo interesante aquí es que los seres humanos y otros mamíferos tenemos un segundo tipo de grasa: la grasa marrón, también llamada tejido adiposo marrón, un tipo especial de grasa corporal que se activa cuando uno se enfría, es decir, produce calor para ayudar a mantener la temperatura corporal en condiciones de baja temperatura. Al contener muchas más mitocondrias (la parte de la célula que tiene como principal función producir energía) que la grasa blanca, el tejido adiposo marrón se ha investigado como instrumento potencial para la pérdida de peso, pero también se ha venido sospechando que puede ser capaz de mejorar el nivel de azúcar en sangre, independientemente de su ayuda a perder kilos de más.

* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México. Contacto: luis.gomezv@uanl.mx

Un equipo del Centro Médico del Sudoeste, dependiente de la Universidad de Texas en Estados Unidos, se propuso averiguar hasta qué punto el tejido adiposo marrón puede ayudar a que el cuerpo regule bien los niveles de azúcar, pues se ha comprobado que, efectivamente, la grasa marrón parece ser capaz de desempeñar un importante papel protector contra la diabetes.

Los investigadores hicieron este descubrimiento mientras estudiaban la PLIN5, una proteína que recubre las gotas de lípidos en el interior de las células, particularmente en el tejido adiposo marrón. Cuando modificaron genéticamente ratones, algunos ejemplares, que tenían un exceso de PLIN5 en el tejido adiposo marrón, mantuvieron concentraciones de azúcar significativamente menores y una mayor sensibilidad a la insulina durante las pruebas de tolerancia a la glucosa, en comparación con aquéllos con niveles normales de esta proteína. También era menor su tendencia a presentar hígado graso, un rasgo nocivo asociado a la diabetes tipo II.

Buscando el mecanismo subyacente en estos cambios positivos, los científicos descubrieron que las mitocondrias en las células de tejido adiposo marrón de los ratones modificados genéticamente se habían adaptado para quemar más grasa, de forma similar a lo que se observa en los animales normales sometidos a temperaturas ambientales bajas. Sin embargo, la adaptación no era suficiente para explicar el efecto de reducción del azúcar en sangre. Los expertos comprobaron que los adipocitos blancos de los animales que tenían un exceso de PLIN5 en sus adipocitos marrones eran más pequeños y presentaban reducciones en algunos marcadores de inflamación, cambios que se asocian a una mejor sensibilidad a la insulina y un mejor metabolismo del azúcar (fuente: NCYT de Amazings).



Sentirse bien y estar contentos es muy importante, ¿tú sabías que el contacto interpersonal entre humanos tiende a generar efectos positivos?, como la reducción del estrés. Por eso nos afecta la soledad, porque necesitamos a alguien con quien hablar, reír y hasta "pelear". Pero qué pensarías si el que tienes enfrente no es un humano, sino un robot. Los efectos psicológicos del contacto físico con los robots han comenzado a ser explorados, y algunos estudios han detectado efectos significativos mientras que otros no han encontrado ninguno.

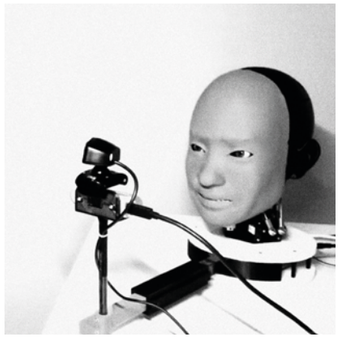
En un nuevo estudio para ayudar a aclarar la cuestión, especialistas de las universidades del Ruhr en Bochum (Alemania) y de Duisburgo-Essen, en Alemania, reclutaron a 48 estudiantes para que entablaran una conversación de asesoramiento escolar con un robot humanoide. En el transcurso de la conversación con algunos de los participantes, el robot acarició de manera breve y aparentemente espontánea el dorso de la mano del participante. Esto difiere del diseño de otros estudios, que se basaron en el contacto físico humano-robot iniciado por el ser humano.

En respuesta al toque del robot, la mayoría de los participantes sonrió y se rio, y ninguno se apartó. Quienes fueron tocados eran más propensos que quienes no lo fueron a aceptar la propuesta que el robot les hizo de interesarse por un curso académico concreto del que se habló durante la conversación.

También se pidió a los participantes que rellenaran un cuestionario después de la conversación con el robot. Los participantes que fueron tocados informaron de un mejor estado emocional tras la conversación que quienes no fueron tocados. Sin embargo, los que no fueron tocados opinaron sobre el robot y su interacción con él de forma tan favorable como quienes fueron tocados.

Las investigadoras concluyen que el contacto físico iniciado por el robot durante la conversación puede tener un efecto positivo en la experiencia de las personas. Además, el impacto en el cumplimiento de las peticiones podría aprovecharse para utilizar los robots con fines motivadores, por ejemplo, para persuadir a la gente de que haga ejercicio físico.

Los resultados del estudio se han hecho públicos en la revista *PLoS ONE*. La referencia del trabajo es la siguiente: Hoffmann, L., Krämer, N.C. (2021). The persuasive power of robot touch. Behavioral and evaluative consequences of non-functional touch from a robot. *PLoS ONE*. 16(5): e0249554.



Pero imagínate que un robot no sólo te tome de la mano y te persuada a que compres un curso en especial, sino que sea tu compañero en el trabajo y te sonría o ponga cara de enojado o de sorpresa. Y es que se sabe que el lenguaje no verbal es un componente importante de la comunicación entre seres humanos, para quienes las expresiones faciales desempeñan un gran papel a la hora de generar confianza, no obstante, la mayoría de los robots con aspecto humano (androides) son inexpresivos.

Con el creciente uso de robots en lugares en los que deben colaborar estrechamente con humanos, desde residencias para ancianos hasta almacenes y fábricas, la necesidad de un autómata que no sólo tenga aspecto humano, sino que además sea receptivo a la expresión de emociones humanas, es cada vez más urgente.

Al respecto, un equipo de la Universidad de Columbia, en Nueva York, lleva cinco años trabajando en la creación y desarrollo de EVA, un nuevo robot de tipo androide y autónomo con rostro blando y expresivo que es sensible a las expresiones faciales de los humanos que tenga cerca y es capaz de corresponder a ellas.

Aunque parezca sencillo, lograr que la cara de un androide resulte convincente y adopte expresiones faciales que se vean tan naturales como las de una persona ha sido un reto formidable. Durante décadas, las partes del cuerpo de estas máquinas han sido de metal o plástico duro, materiales demasiado rígidos para tener la flexibilidad que exige emular al rostro humano.

EVA, el nuevo androide, puede expresar las seis emociones básicas de ira, asco, miedo, alegría, tristeza y sorpresa, así como versiones menos marcadas de ellas y también diversas combinaciones. Para lograrlo cuenta con "músculos" artificiales (a base de motores y cables) que tiran de puntos específicos de la cara de EVA, imitando los movimientos de los más de 42 músculos diminutos unidos en varios puntos a la piel y los huesos de las caras humanas.

Esto es mérito de la parte mecánica, pero también de la informática, ya que EVA, gracias al sistema de inteligencia artificial con el que se la ha dotado, es capaz de "leer" las expresiones de emociones y luego corresponder a ellas.

Los creadores de EVA advierten que esta androide es todavía un experimento de laboratorio, y que su capacidad de comunicación no verbal está aún muy lejos de la compleja forma en que los humanos nos comunicamos entre nosotros mediante expresiones faciales (fuente: NCYT de Amazings).



Y si hablábamos líneas antes de un enemigo silencioso pero mortal como la diabetes, ahora quiero platicarte de otros dos que también nos están ganando la batalla y restando muchas fuerzas: la obesidad y el sobrepeso. Se estima que en países como Australia y México, dos tercios de la población adulta tienen obesidad o sobrepeso. Ese exceso de kilos puede dar lugar a complicaciones médicas severas, como diabetes, enfermedades cardiovasculares y algunos cánceres, y aunque los cambios en el estilo de vida son esenciales para perder peso, la medicación es una opción de tratamiento complementario crucial para algunas personas.

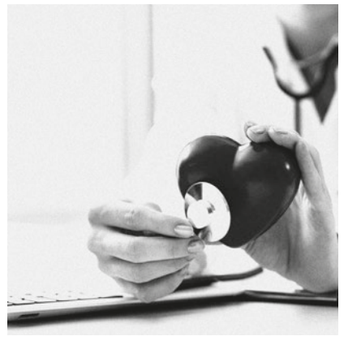
Sin embargo, la mayoría de los medicamentos actuales utilizados para tratar la obesidad actúan sobre el cerebro para suprimir el apetito y pueden tener efectos secundarios notables que limitan su uso. De hecho, un nuevo estudio revela un enfoque alternativo en el cual se actúa directamente en los tejidos grasos y que implica la generación de calor corporal. Este enfoque podría ser una forma más segura de prevenir y tratar la obesidad.

En el estudio, realizado por el equipo del Instituto Garvan de Investigación Médica en Australia, se utilizaron modelos experimentales y biopsias de tejido graso de individuos obesos. Los resultados de la investigación indican que el bloqueo de un receptor específico de la molécula neuropéptido Y(NPY), que ayuda a nuestro organismo a regular su producción de calor, podría aumentar el metabolismo de las grasas (o sea su uso para eliminarlas del cuerpo) y evitar el aumento de peso.

El receptor Y1 actúa como "freno" de la generación de calor en el cuerpo. En el nuevo estudio se comprobó que bloquear este receptor en los tejidos grasos transformó la grasa "almacenadora de energía" en grasa "consumidora de energía", lo que activó la producción de calor corporal y redujo el aumento de peso.

En el estudio, se constató que los ratones a los que se les administró el BIBO3304 y se les alimentó con una dieta alta en grasas ganaron alrededor de 40% menos de peso corporal durante siete semanas que los ratones que sólo recibieron una dieta alta en grasas. Esta reducción significativa del aumento de peso corporal se debió a un aumento de la generación de calor corporal y a la reducción de la masa grasa.

Además, cuando aplicaron el BIBO3304 a células grasas humanas aisladas de individuos obesos, descubrieron que empezaron a activar los mismos genes implicados en la producción de calor que los ratones, lo que sugiere que actuar en la vía del receptor Y1 podría aumentar en los humanos el metabolismo de las grasas, reduciendo así el aumento de peso. El estudio se titula "Peripheral-specific Y1 receptor antagonism increases thermogenesis and protects against diet-induced obesity". Y se ha publicado en la revista académica *Nature Communications* (fuente: NCYT de Amazings).



La obesidad, el sobrepeso y la diabetes son problemas graves, así como las enfermedades cardiacas. Ahora se sabe que las personas con este tipo de padecimiento son más propensas a sufrir problemas neurológicos que desembocan en demencias y viceversa, pero hasta ahora se desconocía si esta relación también existe en personas médicamente calificables de sanas. Una investigación ha explorado ahora esta cuestión.

Un grupo de la Universidad Queen Mary de Londres, en el Reino Unido, examinó los vínculos entre la salud del corazón y la función cognitiva en más de 32,000 personas. Evaluó la salud del corazón mediante mediciones de anatomía y de función obtenidas a partir de escaneos por resonancia magnética. La función cognitiva se evaluó mediante pruebas de inteligencia fluida (la capacidad de resolver problemas basados en la lógica) y el tiempo de reacción.

Los resultados muestran que, en este amplio grupo de individuos mayoritariamente sanos, los que tenían una estructura y una función cardiaca más saludables obtuvieron resultados significativamente mejores en las pruebas de capacidad cognitiva. Para investigar los mecanismos subyacentes en las relaciones observadas, el equipo también estudió si los vínculos entre la salud del corazón y la del cerebro podían estar relacionados con factores de riesgo compartidos de enfermedades vasculares, como la diabetes, el tabaquismo, la hipertensión arterial y la obesidad.

Los médicos descubrieron que, aunque estos factores eran importantes para determinar tanto la salud del corazón como la del cerebro, no proporcionaban una explicación completa de las asociaciones observadas. Esto sugiere que otros mecanismos alternativos pueden ser importantes en la mediación de las interacciones entre el corazón y el cerebro.

Por ejemplo, algunos estudios anteriores demostraron que las proteínas que se depositan anormalmente en el cerebro con la enfermedad de Alzheimer también pueden acumularse en el músculo cardíaco y provocar problemas de salud en él. Otra posibilidad es que la mala salud del cerebro y la mala salud del corazón sean meramente consecuencias de un envejecimiento algo más rápido de lo normal.

Los especialistas advierten que, al tratarse de un estudio observacional, no es posible llegar a conclusiones definitivas sobre la causalidad y no se puede afirmar que las enfermedades cardíacas causen un deterioro de la cognición, o viceversa. También es posible que la salud del cerebro y la del corazón parezcan estar conectadas debido a su asociación común con un tercer factor. El estudio se titula "Associations of cognitive performance with cardiovascular magnetic resonance phenotypes in the UK Biobank", y ha sido publicado en la revista académica *European Heart Journal Cardiovascular Imaging* (fuente: NCYT de Amazings).



Ahora déjame cambiar un poco de tema para hablar de algo que me llamó la atención, y es que es común en muchos animales que el crecimiento de las crías siga un ritmo concreto, que no varía mucho de un individuo a otro. Sin embargo, ante una escasez de comida, la cría puede sufrir trastornos graves en su desarrollo y morir. Pero no era así en los dinosaurios de la especie *Massospondylus carinatus*, que tenían un ciclo de crecimiento muy flexible, según se deduce de los resultados de una investigación reciente.

El *Massospondylus* era un dinosaurio de tamaño medio, de hasta 500 kg de peso, que vivió en el Jurásico temprano, es decir, hace unos 200 millones de años y se alimentaba de plantas como los helechos. Al observar los huesos fósiles del muslo bajo el microscopio, los investigadores pueden contar los anillos de crecimiento, comparables a los anillos de crecimiento anual de un árbol, esto les permite averiguar cuánto creció cada año el animal estudiado.

Observando los anillos de crecimiento en huesos de *Massospondylus carinatus*, el equipo del Museo Americano de Historia Natural en Nueva York, y de la Universidad de Witwatersrand, en Sudáfrica, ha podido demostrar que el crecimiento variaba de una estación a otra, más como un árbol que como un cachorro o un bebé humano. Un año podían ganar 100 kilos de peso corporal y al año siguiente sólo 10.

El estudio sugiere que el crecimiento del *Massospondylus* respondía directamente a las condiciones ambientales. En un buen año, con mucha lluvia y alimento, la cría crecía mucho, por ejemplo, hasta casi duplicar su tamaño. En un año malo, en el que los nutrientes eran escasos, apenas crecía. Los especialistas sugieren que esta estrategia de crecimiento pudo ayudar al *Massospondylus* a hacer frente a las duras condiciones ambientales que siguieron a la extinción masiva de finales del Triásico, hace 200 millones de años, cuando más de la mitad de las especies sucumbieron (fuente: NCYT de Amazings).



La vida de los animales siempre es muy interesante, porque hay infinidad de cosas que desconocemos, por ejemplo, qué me responderías si te dijera que te voy a hablar de unas aves muy particulares, pues son maestras de la mentira, como los y las ex de muchos de los que están leyendo esto (risas nerviosas aquí).

El engaño y la mentira son aspectos de la comunicación que requieren un nivel bastante alto de inteligencia. Comunicar intencionadamente información falsa a los demás permite a un individuo obtener una ventaja sobre el receptor o receptores de dicha información. Los humanos juzgamos la fiabilidad de nuestros interlocutores basándonos mayormente en nuestra experiencia personal. Si alguien nos miente repetidamente, lo más probable es que dejemos de confiar en esa persona muy pronto. ¿Existe en otros animales un proceso comparable de pérdida de credibilidad? Un estudio reciente ha examinado la cuestión en el caso de una especie de ave.

Los pájaros de la especie *Perisoreus infaustus* viven en grupos territoriales y tienen un elaborado sistema de comunicación: una amplia gama de sonidos les permite advertirse mutuamente de la presencia de diferentes depredadores, así como del comportamiento de su más feroz enemigo: el halcón. Sin embargo, en ocasiones, los vecinos que se inmiscuyen en el territorio de un grupo ajeno utilizan con un propósito diferente los mismos sonidos que indicarían la presencia de un halcón. Su objetivo es engañar a los miembros del grupo sobre la presencia del depredador, y así ahuyentarlos para acceder a su comida.

La situación de las aves que reciben la alerta es delicada. Si ignoran el aviso, podría llevarlas a un desenlace fatal. Pero si hacen caso de éste, el resultado, aunque no fatal, también podría perjudicarlas. ¿Cómo juzgan estos pájaros el nivel de credibilidad de cada aviso que reciben?

Para responder a esta pregunta, científicos de la Universidad de Constanza, en Alemania, examinaron una población de pájaros salvajes de esa especie en el norte de Suecia.

Sus experimentos y observaciones muestran que estos pájaros confían mucho en las advertencias de los miembros de su propio grupo, pero mayormente ignoran las advertencias de sus congéneres de otros grupos. Así, las aves utilizan la información social para diferenciar entre las advertencias fiables y las que muy probablemente son falsas. En definitiva, sólo confían en las advertencias de los miembros de su propio grupo, porque son los individuos con los que suelen cooperar y existe confianza. En cambio, aunque los pájaros vecinos no sean unos desconocidos, no forman parte del grupo y por tanto sus intenciones no son de fiar (fuente: NCYT de Amazings).



Hablando de comunicación entre otras especies, déjame contarte de una investigación que propone técnicas para interpretar las señales eléctricas que usan los hongos para comunicarse de forma interna. El objetivo es aprovechar la actividad eléctrica de éstos para la computación.

Se sabe que algunos materiales poseen propiedades que pueden usarse para resolver problemas computacionales, según estudios acerca de la computación basada en sustratos. Las computadoras BZ, las de moho mucilaginoso, las vegetales y las computadoras de canicas líquidas basadas en colisiones son sólo algunos ejemplos de prototipos producidos para dispositivos informáticos futuros y emergentes. Sin embargo, modelar los procesos computacionales que existen en tales sistemas es una tarea difícil en general, y determinar qué parte del sistema incorporado está realizando el cálculo todavía no es algo que esté adecuadamente definido.

Afirmar que los hongos son los organismos vivos más inteligentes del mundo parece una exageración. Sin embargo, un reciente estudio de la Universitat Oberta de Catalunya (UOC), que añade más conocimientos a un conjunto creciente sobre el uso de los materiales fúngicos, asienta esta idea, en el mismo sentido en que podemos considerar muy inteligente dentro de su limitado campo a una calculadora porque hace cálculos con una velocidad y eficiencia mayores que las alcanzables por el ser humano. Las repercusiones que pueden tener los resultados de la nueva investigación son muchas y con aplicaciones prácticas a medio y largo plazo. Entre ellas está la posibilidad de utilizar los tejidos de los hongos como auténticas máquinas de computación. ¿Cómo podríamos emplear un hongo a modo de ordenador?

El micelio de hongos como el *Pleurotus djamor*, también conocido como seta rosa, puede resolver una increíble gama de problemas de geometría computacional, según comprobó un estudio sobre materiales fúngicos publicado tiempo atrás. En el reciente trabajo se ha logrado demostrar que la seta rosa genera una serie de picos de potencial eléctrico que se propagan por un micelio creciente.

La propiedad electromagnética del hongo responde a la complejísima comunicación interna que uti-

liza y puede analizarse y utilizarse para operar y desarrollar medidas de computación. En la investigación, los autores proponen diversas medidas para poder "traducir" estas señales eléctricas en mensajes según la clasificación de los picos de potencial que se pueden detectar.

Las señales eléctricas en el tejido fúngico son tan tenues y complejas que es imposible analizarlas con técnicas estándar de neurociencia, la disciplina que tradicionalmente se dedica a medirlas. La propuesta de los investigadores consiste en un método para detectar el tiempo de llegada de los picos a través de un algoritmo exhaustivo que permite una caracterización eficiente de la actividad eléctrica.

Para los autores, el objetivo de las computadoras fúngicas no es reemplazar los chips de silicio, ya que las acciones en este tipo de ordenadores son demasiado lentas para eso. Pero sí se podrían usar las propiedades de los hongos como un "sensor ambiental a gran escala". Las redes fúngicas podrían monitorizar de manera habitual y no urgente grandes cantidades de flujos de datos. Si pudiéramos conectarnos a sus redes e interpretar las señales que utilizan para procesar la información, podríamos aprender más sobre lo que está sucediendo en un ecosistema y actuar en consecuencia. El estudio se titula "Electrical activity of fungi: Spikes detection and complexity analysis", y se ha publicado en la revista académica *Biosystems* (fuente: UOC).



Y si las aves mentirosas y los hongos eléctricos no te sorprendieron, pues déjame contarte ahora de unos bichos muy particulares: los insectos de la especie *Phyllotreta armoraciae*. Cuando se alimentan de sus plantas predilectas, estos pequeñitos toman de ellas no sólo nutrientes, sino también glucósidos de aceite de mostaza, los compuestos defensivos típicos de diversas plantas de la familia *Brassicaceae*. Utilizando estos glucósidos, los *Phyllotreta* se convierten en "bombas de aceite de mostaza" vivientes, lo que disuade a sus depredadores de atacarlos para devorarlos.

Aunque hace tiempo se sabe que *P. armoraciae* y otras especies con estrecho parentesco evolutivo pueden acumular glucosinolatos, se desconocía cómo absorben y almacenan altas cantidades de las sustancias de este tipo en su cuerpo. Ahora, un equipo del Instituto Max Planck de Ecología Química en Alemania, se propuso identificar los transportadores de glucosinolatos en este insecto, y encontraron 1401 posibles transportadores en el intestino y el sistema excretor. Finalmente, los investigadores lograron identificar un grupo de transportadores específicos de glucosinolatos.

Éstos se encuentran ubicados en el sistema excretor, concretamente en los así llamados "tubos de Malpighi". La función de estas estructuras tubulares en los insectos es similar a la función de los riñones en los vertebrados. El estudio es el primero en identificar transportadores en los tubos de Malpighi que permiten a un insecto acumular sustancias defensivas provenientes de plantas.

El equipo quiere ahora identificar otros transportadores implicados en el fenómeno. Los insectos de la especie *Phyllotreta armoraciae* constituyen una plaga para diversos cultivos agrícolas, por ello, toda información sobre cómo evitan los efectos perjudiciales de ingerir compuestos químicos que los vegetales usan para defenderse de insectos herbívoros, puede resultar crucial para idear algún modo de volver vulnerables a esos insectos frente a las plantas de las que se alimentan.

El estudio se titula "Sugar transporters enable a leaf beetle to accumulate plant defense compounds". Y se ha publicado en la revista académica *Nature Communications* (fuente: NCYT de Amazings).

CIENCIAUANL

CONVOCATORIA

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

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

- Recepción de trabajos del 1 de agosto al 30 de septiembre de 2022.
- Se recibirán artículos académicos únicamente.
- El dictamen se sujeta al procedimiento conocido como "Pares de doble ciego".
- Las colaboraciones deben respetar los lineamientos de la revista: cienciauanl.uanl.mx/?page_id=524



La fecha límite para la entrega de trabajos es el 30 de septiembre de 2022.

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

UANL UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

VISIÓN UANL 2030 EDUCACIÓN DE CALIDAD PARA TRANSFORMAR Y TRASCENDER EN BENEFICIO DE LA HUMANIDAD

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

DI DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

COLABORADORES

Aldo Gael Luna Almaraz
Estudiante de la licenciatura en Biotecnología Genómica, FCB-UANL. Galardonado con el NASA Scientist for a Day 2020 y reconocido como una Joven Promesa en Ciencias Biológicas por el Colparmex a nivel Latinoamérica. Primer lugar nacional en el Concurso de Ensayo del Día del ADN México 2021.

Delia Hernández Romero
Licenciada en Químico Farmacéutico Biólogo por la UV. Doctora en Química Orgánica por la Universidad de Barcelona. Profesora de tiempo completo en la FCQ-UV. Cuenta con perfil Prodep. Su área de investigación es la síntesis de derivados heterocíclicos con actividad biológica. E-mail: hernandez_romerodelia@hotmail.com

Erick Rodríguez Sánchez
Licenciado en Arquitectura por la UANL. Arquitecto y artista independiente. E-mail: skinequalsnire@gmail.com

Ernesto I. Badano
Investigador titular de la División de Ciencias Ambientales del IPICYT. Investiga los impactos del cambio climático y las invasiones biológicas sobre los ecosistemas naturales. Miembro del SNI, nivel III. E-mail: ernesto.badano@ipicyt.edu.mx

Hugo Bernal Barragán
Ingeniero agrónomo zootecnista por la UANL. M.Sc. en Nutrición Animal y doctor en Ciencias Agrarias, con especialidad en Fisiología y Nutrición Animal, por la Universidad Hohenheim, Alemania. Cuenta con perfil Prodep. Subdirector de Planeación y Mejora Continua en la FA-UANL. Miembro del CA Consolidado: Nutrición, Reproducción y Mejoramiento Animal-UANL. Coordinador del Laboratorio de Nutrición y Calidad de Alimentos, FA-UANL. Miembro del SNI, nivel I. E-mail: hubernal05@yahoo.com.mx

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

Jazmín Marroquín Flores
Licenciada en Químico Farmacéutico Biólogo. Alumna de la Maestría en Ciencias en Procesos Biológicos de la UV. Su línea de investigación es la "síntesis de derivados de benzotiazol coordinado a lantánicos con actividad biológica".

Luis Enrique Gómez Vanegas
Licenciado en Letras Hispánicas por la UANL. Diplomado en periodismo científico por la FCC-UANL. Corrector de la revista *Ciencia UANL* y de *Entorno Universitario*, de la Preparatoria 16-UANL.

Luis Enrique Romero Gutiérrez
Licenciado en Químico Industrial. Alumno de la Maestría en Ciencias en Procesos Biológicos de la UV. Su línea de investigación es la "síntesis de derivados de benzimidazol coordinado a lantánicos con actividad biológica".

María E. Alemán-Huerta
Profesora investigadora de la FCB-UANL. Cuenta con perfil Prodep, es miembro del Cuerpo Académico Investigación Biotecnológica, así como a la Academia de Microbiología Básica en la FCB-UANL. Trabaja en la bioprospección y aislamiento de cepas bacterianas productoras de bioplásticos (PHAs). Miembro del SNI, nivel I. E-mail: maria.alemanhr@uanl.edu.mx

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

Nathalie S. Hernández Quiroz
Investigadora titular de la Facultad de Zootecnia y Ecología-UACH. Investiga sobre la biogeografía de los seres vivos y el impacto del cambio climático en la distribución de especies. Miembro del SNI, nivel Candidato. E-mail: nhernandez@uach.mx

Nydia Corina Vásquez Aguilar
Química farmacéutica bióloga y maestra en Ciencia Animal por la UANL. Doctora en Ciencias Agropecuarias por la UABC. Responsable de Laboratorio de Nutrición y Calidad de Alimentos y profesora por asignatura en la FA-UANL. Miembro del SNI, nivel Candidato. E-mail: nydia.vasqueza@gmail.com

Pablo Siller Clavel
Estudiante titulado del Programa de Maestría en Ciencias de la Facultad de Zootecnia y Ecología en la Universidad Autónoma de Chihuahua. E-mail: pablo.siller.c@gmail.com

Patricia Monserrat Montes C.
Diseñadora editorial de la revista *Ciencia UANL*. Artista visual, profesora de investigación de diseño. E-mail: montescanulp@gmail.com

Pedro César Cantú-Martínez
Doctor en Ciencias Biológicas por la UANL. Doctor Honoris Causa, con la Mención Dorada Magisterial, por el OIICE. Trabaja en la FCB-UANL y participa en el IINSO-UANL. Su área de interés profesional se refiere a aspectos sobre la calidad de vida e indicadores de sustentabilidad ambiental. Fundador de la revista *Salud Pública y Nutrición* (*RESPyN*). Miembro del Comité Editorial de Artemisa del Centro de Información para Decisiones en Salud Pública de México.

Raúl Colorado Peralta
Licenciado en Químico Industrial por la UV. Doctor en Ciencias, con especialidad en Ciencias Químicas, por el Cinvestav-IPN. Realizó sus estudios posdoctorales en la UNAM. Adscrito a la FCQ-UV. Cuenta con perfil Prodep. Su área de investigación es la síntesis de derivados heterocíclicos coordinados a metales de transición interna. Miembro del SNI, nivel I.

Raúl E. Martínez-Herrera
Profesor investigador adjunto al Grupo de Investigación con Enfoque Estratégico en Bioprocesos de la EIC-ITESM. Sus proyectos de investigación se enfocan en optimizar la producción de biopolímeros bacterianos de tipo polihidroxibutirato (PHB). Miembro del SNI, nivel I.

Víctor Manuel Perrusquía Tejeida
Ingeniero agrónomo zootecnista por la UAAAN. Maestro en Ciencia Animal por la UANL. Su área de especialidad está ligada a la nutrición animal con énfasis en nutrición de pequeños rumiantes.

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 generales

- Sólo se aceptan artículos originales, entendiendo por ello que el contenido sea producto del trabajo directo y que una versión similar no haya sido publicada o enviada a otras revistas.
- Se aceptarán artículos con un máximo de cinco autores (tres para los artículos de divulgación), en caso de excederse se analizará si corresponde con el esfuerzo detectado en la investigación. Una vez entregado el trabajo, no se aceptarán cambios en el orden y la cantidad de los autores.
- Los originales deberán tener una extensión máxima de cinco páginas, incluyendo tablas, figuras y referencias. En casos excepcionales, se podrá concertar con el editor responsable una extensión superior, la cual será sometida a la aprobación del Consejo Editorial.
- 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, código identificador ORCID, ficha de datos y carta firmada por todos los autores (ambos formatos en página web) que certifique la originalidad del artículo y cedan derechos de autor a favor de la UANL.
- Material gráfico incluye figuras, dibujos, fotografías, imágenes digitales y tablas, de al menos 300 DPI en formato .jpg o .png y deberán incluir derechos de autor, permiso de uso o referencia. Las tablas deberán estar en formato editable.
- El artículo deberá contener claramente los siguientes datos: título del trabajo, autor(es), código identificador ORCID, institución y departamento de adscripción laboral de cada investigador (en el caso de estudiantes sin adscripción laboral, referir la institución donde realizan sus estudios) y dirección de correo electrónico para contacto.
- Las referencias no deben extenderse innecesariamente, por lo que sólo se incluirán las referencias utilizadas en el texto; éstas deberán citarse en formato Harvard.
- Se incluirá un resumen en inglés y español, no mayor de 100 palabras, además de cinco ideas y cinco palabras clave.

Criterios específicos para artículos de difusión

- El artículo deberá ofrecer una panorámica clara del campo temático.
- Deberá considerarse la experiencia nacional y local, si la hubiera.
- No se aceptan reportes de mediciones. Los artículos deberán contener la presentación de resultados de medición y su comparación, también deberán 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 aceptarán 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.

Criterios específicos para artículos de divulgación

- Los contenidos científicos y técnicos tendrán 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. El formato no maneja notas a pie de página.
- 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.

Notas importantes

- Sólo se recibirán artículos por convocatoria, para mayor información al respecto consultar nuestras redes sociales o nuestra página web: http://cienciauanl.uanl.mx/
- Todas las colaboraciones, sin excepción, deberán pasar por una revisión preliminar, en la cual se establecerá si éstas cumplen con los requisitos mínimos de publicación que solicita la revista, como temática, extensión, originalidad y estructuras. Los editores no se obligan a publicar los artículos sólo por recibirlos.
- Una vez aprobados los trabajos, los autores aceptan la corrección de textos y la revisión de estilo para mantener criterios de uniformidad de la revista.
- Todos los artículos de difusión recibidos **serán sujetos al proceso de revisión *peer review*** o **revisión por pares**, del tipo **doble ciego**; los documentos se envían sin autoría a quienes evalúan, con el fin de buscar objetividad en el análisis; asimismo, las personas autoras desconocen el nombre de sus evaluadores.
- Bajo ningún motivo serán aceptados aquellos documentos donde pueda ser demostrada la existencia de transcripción textual, sin el debido crédito, de otra obra, acción denominada como plagio. Si el punto anterior es confirmado, el documento será rechazado inmediatamente.

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/



septiembre - octubre 2022

Ilustración: Patricia Monserrat Montes

Año 25, número 115

La excelencia por principio la educación como instrumento

UANL

15

9 772007 117173

RevistaCienciaUANL Revistaciencia_uanl RevistaCIENCIAUANL

Indexada en: PERIÓDICA Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias · biblat Bibliografía Latinoamericana · Actualidad Iberoamericana Indice Internacional de Revistas

CONACYT ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

CUIDEN

Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal · latindex

CATÁLOGO "HEMEROTECA LATINOAMERICA"