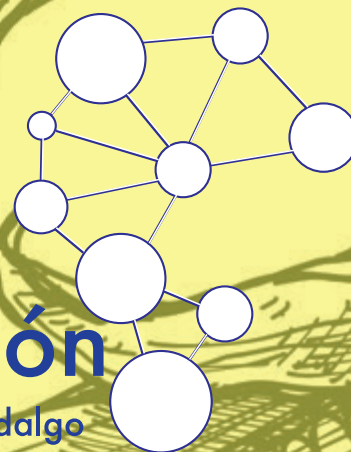


# Saber Más

## Revista de Divulgación

de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



# Domesticación de plantas

Ilustración: Diushi Kerri

Una copa de antocianina, ¡ah que buena medicinal!  
Alérgenos de las plantas: responsables de nuestras alergias  
Fitohormonas: su función en las semillas  
La hidrólisis del almidón: Una necesidad en la industria  
Hongos y mezcal

Hongos: los inquilinos de nuestro cuerpo  
Las últimas gotas de miel  
Proboscídeos de México: una historia de gigantes  
No soy yo, es la Entropía

Año 8 / No. 44 / Marzo-Abril / 2019  
Morelia, Michoacán, México  
U.M.S.N.H.

ISSN 2007-7041



UNIVERSIDAD MICHOACANA  
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
*Cuna de héroes, crisol de pensadores*  
ISSN-2007-7041

# CONTENIDO



## Domesticación de plantas

28

### ARTÍCULOS

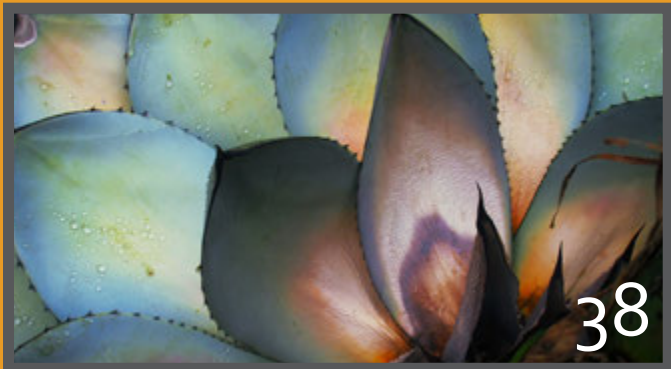
Una copa de antocianina, ¡ah que buena medicina!	16
Alérgenos de las plantas: responsables de nuestras alergias	20
Fitohormonas: su función en las semillas	24
La hidrólisis del almidón: Una necesidad en la industria	35
Hongos y mezcal	38
Hongos: los inquilinos de nuestro cuerpo	41
Las últimas gotas de miel	44
Proboscídeos de México: una historia de gigantes	47
No soy yo, es la Entropía	51



14



35



38



44



47

**ENTÉRATE**

- Una posible cura del SIDA 6
- Hortalizas cultivadas para alimento de astronautas 7
- 29º Tianguis de la Ciencia en la UMSNH 8

**TECNOLOGÍA**

- Energía nuclear, ¿benéfica para la agricultura? 54

**UNA PROBADA DE CIENCIA**

- Mujeres en la ciencia 58

**CIENCIA EN POCAS PALABRAS**

- Modelos cognitivos y estímulos sensoriales 60

**LA CIENCIA EN EL CINE**

- El perfume 63

**EXPERIMENTA**

- Arcoíris líquido 67

**EL MUNDO DE AYAME**

- Más que solo un hongo 68



**Entrevista a la Dra. María del Carmen Clapp Jiménez,**  
Profesora-Investigadora del Instituto de Neurobiología de la UNAM. Juriquilla, Querétaro.

9

# DIRECTORIO



## Rector

Dr. Raúl Cárdenas Navarro

## Secretario General

Mtro. Pedro Mata Vázquez

## Secretario Académico

Dr. Orépani García Rodríguez

## Secretaria Administrativa

ME en MF Silvia Hernández Capi

## Secretario de Difusión Cultural

Dr. Héctor Pérez Pintor

## Secretario Auxiliar

Dr. Juan Carlos Gómez Revuelta

## Abogado General

Lic. Luis Fernando Rodríguez Vera

## Tesorero

Dr. Rodrigo Gómez Monge

## Coordinador de la Investigación Científica

Dr. Marco Antonio Landavazo Arias

SABER MÁS REVISTA DE DIVULGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO, Año 8, No. 44, marzo-abril, es una Publicación bimestral editada por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo a través de la Coordinación de la Investigación Científica, Av. Francisco J. Mújica, s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Tel. y Fax (443) 316 74 36, [www.sabermas.umich.mx](http://www.sabermas.umich.mx), [sabermasumich@gmail.com](mailto:sabermasumich@gmail.com). Editor: Horacio Cano Camacho. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2013-072913143400-203, ISSN: 2007-7041, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Departamento de Informática de la Coordinación de la Investigación Científica, C.P. Hugo César Guzmán Rivera, Av. Francisco J. Mújica, s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Tel. y Fax (443) 316-7436, fecha de última modificación, 06 de abril de 2019.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Esta revista puede ser reproducida con fines no lucrativos, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica. De otra forma requiere permiso previo por escrito de la institución y del autor.

# Saber Más

## Director

Dr. Rafael Salgado Garciglia  
Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas,  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,  
Morelia, Michoacán. México.

## Editor

Dr. Horacio Cano Camacho  
Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología,  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,  
Morelia, Michoacán. México.

## Comité Editorial

Dr. Marco Antonio Landavazo Arias  
Instituto de Investigaciones Históricas, Universidad  
Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia,  
Michoacán. México.

Dra. Vanessa González Covarrubias  
Área de farmacogenómica, Instituto Nacional de  
Medicina Genómica, México, D.F.

Dra. Ek del Val de Gortari  
IIES-Universidad Nacional Autónoma de México,  
Campus Morelia.

M.C. Ana Claudia Nepote González  
ENES-Universidad Nacional Autónoma de México,  
Campus Morelia.

Dr. Luis Manuel Villaseñor Cendejas  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
Puebla, Puebla, México.

Dr. Juan Carlos Arteaga Velázquez  
Instituto de Física y Matemáticas, Universidad  
Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia,  
Michoacán. México.

## Asistente de Edición

C.P. Hugo César Guzmán Rivera  
L.C.C. Roberto Carlos Martínez Trujillo  
Fernando Covián Mendoza

## Diseño

M.D.G. Irena Medina Sapovalova  
C.P. Hugo César Guzmán Rivera  
T.D.G. Maby Elizabeth Sosa Pineda

## Corrección

L.C.C. Roberto Carlos Martínez Trujillo

## Administrador de Sitio Web

C.P. Hugo César Guzmán Rivera

## Podcast

Dr. Cederik León De León Acuña  
Mtro. Luis Wence Aviña  
Mtra. Alejandra Zavala Pickett

# EDITORIAL

**H**ola. Un nuevo número de Saber Más siempre es motivo de alegría y orgullo para nosotros. No sólo por el trabajo y esfuerzo que representa la preparación y el cuidado de cada edición. También marca el interés que nuestra revista ha suscitado entre la comunidad científica que ha visto en Saber Más un medio para hacer llegar sus ideas y su trabajo al gran público. Éste es un hecho que nos hace sentir orgullosos y nos compromete a ser cada día mejores. En ello trabajamos todos los días.

Como siempre tenemos mucho que contarles: para comenzar, nuestro artículo de portada toca un tema en el que todos, nuestros lectores y todo el mundo, estamos involucrados de una u otra manera: la domesticación de especies. La domesticación es un proceso de alteración genética de una especie silvestre, guiada por el ser humano. Nosotros hemos tomado algunas plantas o animales del medio silvestre y en un proceso lento y de prueba y error, hemos seleccionado los caracteres que se adaptan a las necesidades de la población.

De esta manera, unas pocas especies han pasado a formar parte del patrimonio alimenticio y de trabajo del ser humano. La domesticación generó la agricultura y la sigue modificando constantemente, y con ella, modificó una gran cantidad de cualidades del propio ser humano, desde su forma de alimentación, su vestido, su trabajo o su vivienda.

¿Dónde y cuándo se dio este proceso? El artículo "Domesticación de plantas" nos habla de los centros de domesticación, de los cambios experimentados en las especies silvestres y de su afecto en las poblaciones humanas. Una buena forma de conocer lo que comemos y todo aquello con lo que nos relacionamos en nuestra vida diaria. Se llevará sorpresas en este artículo. Se los recomiendo mucho.

Ustedes no están para saberlo y yo no debería contarlo, pero todos los días me desayuno un yogurt tipo griego con frutillas, en particular, fresa, arándanos, zarzas y frambuesas. Además de que me encantan, lo hago por una razón. Yo soy diabético y este producto tiene más proteína y al mismo tiempo menos niveles de azúcares y grasas que otros.

Pero la adición de las frutillas tienen el propósito de aumentar el nivel de antocianinas en mi cuerpo y "estorbar" la absorción de azúcar. Además estos pigmentos vegetales tienen otras propiedades interesantes como antioxidantes. En fin, no pretendo elevarlos al cielo de los "productos milagro", pero las antocianinas están llamando mucho la atención de médicos y nutriólogos y en nuestro artículo "Una copa de antocianina, ¡ah, que buena medicina!" lo explican con más detalle.

Tenemos muchos artículos en este número sobre nuestra relación con las plantas y no es para menos, son nuestro alimento, la fuente de innumerables productos de uso cotidiano y también lo son de... alergias y otras molestias. Tenemos un artículo que habla de la relación de las plantas con esta molestia estacional: las alergias y de cómo son la principal fuente de este problema. Pero no se apresure a culpar a las plantas, en realidad ellas están intentando defenderse de nosotros...

¿Cómo se conduce el desarrollo y crecimiento vegetal? Éste es un tema fascinante y en la germinación de la semillas y el crecimiento y desarrollo de una planta lo podemos ver claramente. ¿Qué regula ese desarrollo? ¿Quiénes guían este proceso? En realidad aquí están involucradas muchas sustancias producidas por las plantas y que se comportan como hormonas o más precisamente, como reguladores de la vida de los vegetales. Son las famosas fitohormonas y en el artículo respectivo te enteraras de cosas sorprendentes.

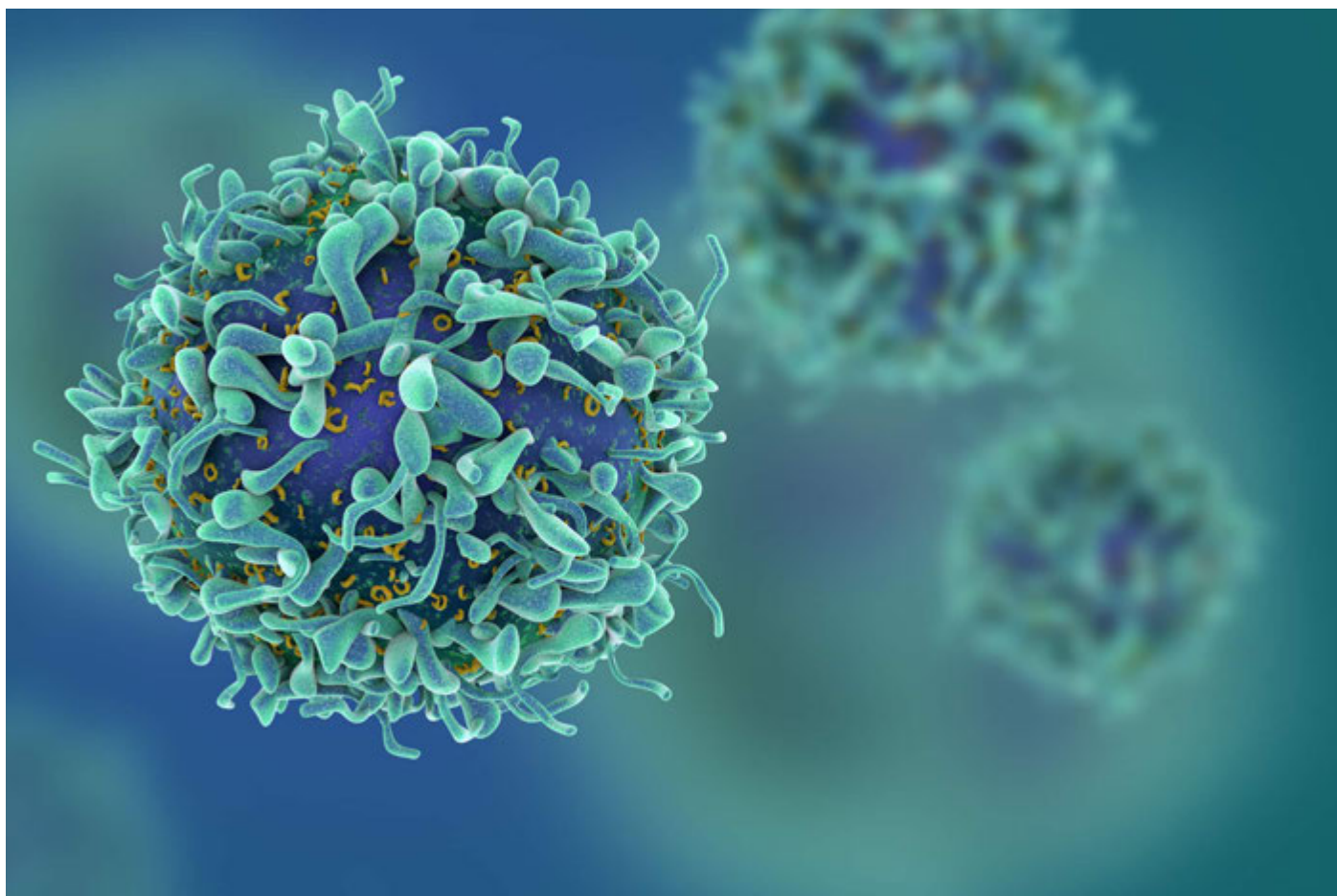
Tenemos muchas cosas en este número, todas interesantes. Más artículos de temática diversa. Hablamos desde el almidón y su importancia industrial, la importancia de los hongos (en realidad las levaduras) en la creación de una bebida tan mexicana como el mezcal, los hongos y la salud humana hasta algo tan dulcemente interesante como lo es la miel y sus productoras, las abejas, la mega fauna de un grupo de mamíferos muy interesante por estas tierras: un grupo de proboscídeos antecesores de los elefantes modernos... hasta un artículo muy interesante sobre la entropía, ese concepto fundamental de la física que nos cuesta mucho entender. Por supuesto, siguen nuestras secciones fijas de libros, cine, tecnología, experimentos y el mundo de Ayame. Contenido variado para todos los gustos e intereses, aunque recomendamos que lo lean todo.

*Horacio Cano Camacho*



# ENTÉRATE

## Una posible cura del SIDA



Desde 1980, más de 35 millones de personas han muerto de SIDA, enfermedad causada por el VIH (Virus de Inmunodeficiencia Humana), y otro número similar son portadoras de este virus. Aunque en estas cuatro décadas de investigaciones para encontrar la cura de esta enfermedad, lo más exitoso han sido los tratamientos antirretrovirales, que en muchos de los pacientes han evitado que mueran y los síntomas son disminuidos, aunque el virus no es erradicado.

Este 5 de marzo, en la revista científica *Nature* (<https://www.nature.com/articles/d41586-019-00798-3>) se publicaron resultados de la posible cura de esta enfermedad, ya que un hombre con VIH dio negativo a este virus, después de recibir por casi tres años, un trasplante de médula ósea de un donante resistente al VIH, según las investigaciones lideradas por el científico Ravindra Gupta del University College, de la Universidad de Londres en Reino Unido.

Después de que el paciente, denominado "el paciente de Londres" dejó de tomar los antirretrovirales por 18 meses, las pruebas para el VIH son

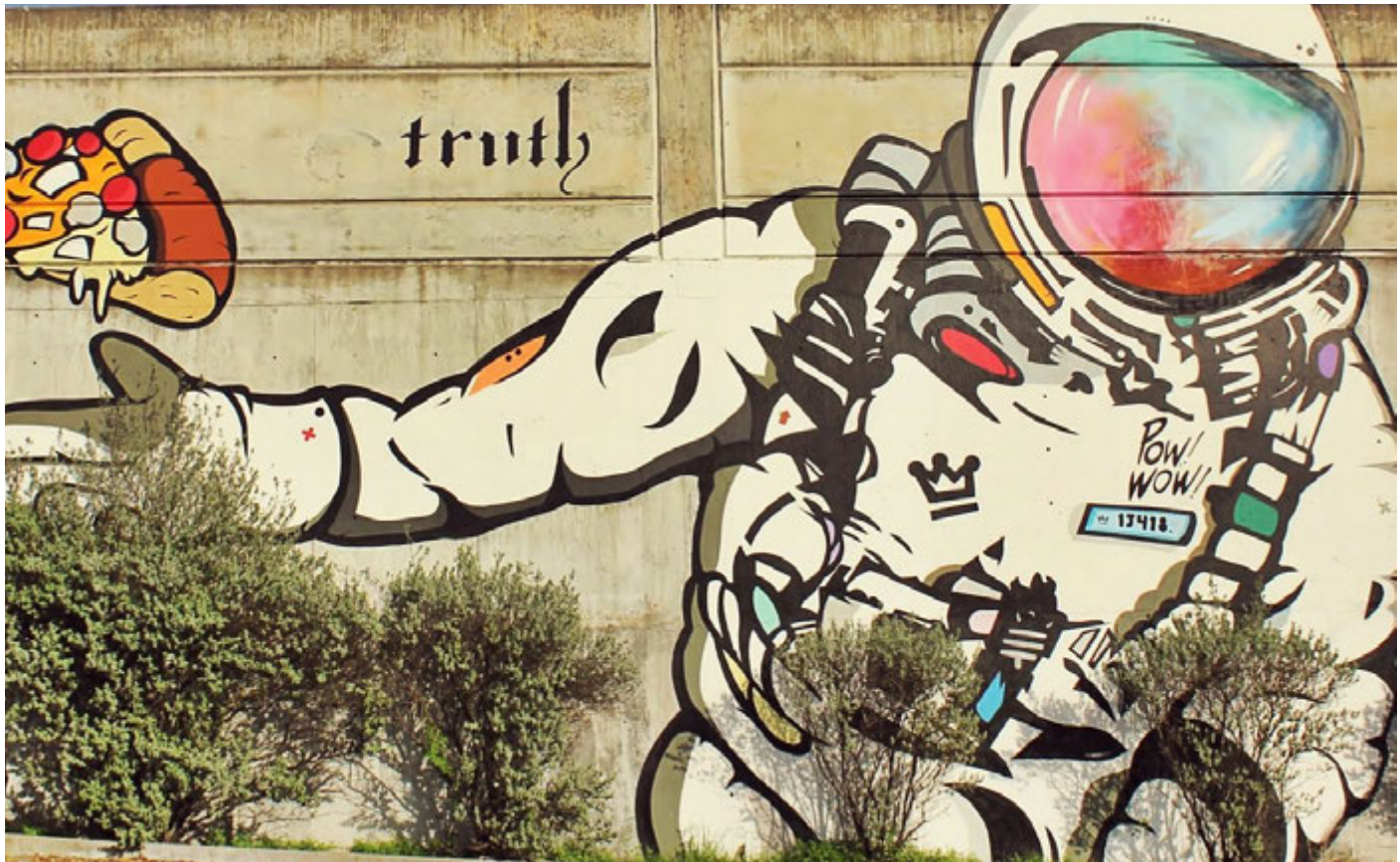
negativas. Este resultado es similar al primer caso conocido de cura funcional del VIH, el estadounidense Timothy Brown, conocido como "el paciente de Berlín", que con un tratamiento similar en Alemania en 2007, también dio negativo a la presencia de este virus y hasta hoy se le considera con el único humano curado de la infección por VIH.

El tratamiento con trasplante de médula ósea de pacientes con VIH, que son resistentes a éste, se han utilizado en muchos enfermos y hasta ahora presenta muchas fallas, por lo que no es una terapia práctica para curar a los millones de infectados en todo el mundo. Alrededor de un 1% de descendientes de europeos del norte tienen una mutación dominante que les da la inmunidad a la mayor parte de los virus VIH, con trasplantes de médula de estos individuos, se confiere resistencia a los que presentan la enfermedad.

Este resultado es un gran avance para la cura del SIDA, pero no significa que ya se haya encontrado. El paciente de Londres está "funcionalmente curado" aunque hay que esperar más tiempo para confirmar que esté completamente curado.

# ENTÉRATE

## Hortalizas cultivadas para alimento de astronautas



**E**l mexicano Ernesto Olvera González es doctor en Ciencias de la Ingeniería, egresado de la Universidad Autónoma de Zacatecas y experto en sistemas de crecimiento de las plantas con aplicación de la mecatrónica, es profesor e investigador de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica del Tecnológico Nacional de México y actualmente desarrolla investigaciones dirigidas hacia el crecimiento de hortalizas como lechugas y espinacas, como futuro alimento para los astronautas en el espacio.

El Dr. Olvera colabora con investigadores de la Facultad de Agronomía y Ciencias Humanas de la Universidad de Texas en los Estados Unidos de América (EUA), en particular con el Dr. Deland

Myers, con quien ha evaluado la manera en que la luz afecta el crecimiento de estas hortalizas.

Este proyecto tiene como objetivo el desarrollar cultivos con rápido crecimiento y cómo ciertos tipos de luz pueden afectar la nutrición de éstos, determinando factores como el color de la luz, la humedad relativa, la temperatura y el CO<sub>2</sub> disponible, sobre la densidad de las plantas. La calidad nutricional de las plantas cultivadas bajo estas condiciones es importante para la elaboración de alimentos que serán consumidos en el espacio.

Estas investigaciones son apoyadas por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México y por el Instituto Nacional de Alimentos y Agricultura de los EUA.

# ENTÉRATE

## 29° Tianguis de La Ciencia en la UMSNH



Este 29 y 30 de marzo se realizó el Tianguis de la Ciencia en su versión número 29, que cada año organiza la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), a través del Departamento de Comunicación de la Ciencia.

Esta vez se rompió el record del número de talleres, exposiciones y trabajos, ya que se recibieron aproximadamente 500 propuestas de taller de las diferentes dependencias de la propia Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y de otras instituciones educativas y de investigación como: Colegio Nacional, Colegio de Michoacán, ENES, INECOL, COBAEM (Ucareo), Universidad Monterrey, Consejo Estatal de Transplantes, Centros de Integración Juvenil, UNLA, La Salle, Archivo Histórico Municipal, Biblioteca Galería Fomento a la Lectura, Preparatoria Técnica Popular Ernesto Che Gueva-

ra, ICTI, Museo de la Luz, Procuraduría General de Justicia de la Ciudad de México. De éstas, se aprobaron 450 propuestas de talleres, por su contenido científico, tecnológico, humanístico y de apoyo a la docencia, los que de manera muy acertada, transmitieron no solamente el quehacer científico sino otras actividades de cultura científica, tecnológica y humanística.

Como cada año, esta actividad acercó la ciencia a un público no especialista, con diversas dinámicas con las que se logró la participación activa de los asistentes en el campus de Ciudad Universitaria. Los visitantes tuvieron la oportunidad de conocer y participar en diferentes áreas del conocimiento como Ciencias de la Salud, Ciencias Físico-Matemáticas, Ciencias Biológicas-Agropecuarias, Ciencias Sociales, Ciencias de la Conducta y Ciencias Económicas.



# ENTREVISTA

## Dra. María del Carmen Clapp Jiménez

Por Horacio Cano Camacho/ Roberto Carlos Martínez Trujillo



Foto: Irena Medina Sapovalova

**E**s Bióloga por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), realizó sus estudios de Maestría y Doctorado en Ciencias Fisiológicas en la Universidad Autónoma de México (UNAM) y con una estancia postdoctoral en la Universidad de California en Berkeley (EEUU).

Desde 1984 es profesora y realiza investigaciones en el área la fisiopatología, con las que ha impulsado la integración de una red de investigación traduccional básico-clínica para el estudio experimental de la angiogénesis y sus repercusiones patológicas, en el Instituto de Neurobiología de la UNAM en Juriquilla, Querétaro.

Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel III y ha recibido diversos premios como El Mejor Estudiante de México, la Medalla Gabino Barreda, el Premio de Investigación de la Academia Mexicana de Ciencias, el de Jóvenes Académicos (1995, UNAM), el premio José Santos de Oftalmología (2001 y 2007), el premio GEN (2005 y 2008), el premio Medical Research "Dr. Jorge Rosenkranz" (Grupo ROCHE-SYNTEX, 2006), el premio a la investigación por Retinopatía Diabéti-

ca (2012), el premio por sus logros científicos (Universidad de Querétaro, 2013) y el premio Universidad Nacional en el área de las Ciencias Naturales (UNAM, 2016).

Es miembro de comités de prestigias revistas científicas como American Journal of Physiology: Regulatory, Integrative & Comparative Physiology, European Journal of Cell Biology y Frontiers in Vascular Physiology.

Durante su trayectoria como científica ha publicado más de 100 artículos en revistas científicas de alto factor de impacto, capítulos de libros y ha dirigido tesis de estudiantes tanto de nivel licenciatura como de posgrado.

Uno de sus principales logros científicos es el haber demostrado que la prolactina, una hormona peptídica que ejerce efectos neuroprotectores y antioxidantes que promueven la supervivencia y la funcionalidad de la retina neural, alteradas en la retinopatía diabética y en la degeneración macular asociada a la edad, que constituyen las principales causas de la ceguera.

### **¿Qué papel juegan las hormonas en los procesos químicos o bioquímicos?**

Son uno de los sistemas de comunicación más importantes porque permiten poner en contacto a órganos que están distantes entre sí. Éstas coordinan distintas funciones del cuerpo, realmente a lo que uno llega al cabo de los años de investigación, es tratar de simplificar el fenómeno, pero en realidad una misma molécula puede funcionar a manera de hormona, a manera de mediador local y el tiempo en donde actúa, las características en donde se lleva a cabo su acción, ya que determinan la dirección y la resultante de sus efectos.

### **Las funciones de las hormonas son múltiples y al ser una hormona procesada ¿sus productos pueden tener otro tipo de efecto?**

Es un sistema económico que el cuerpo tiene que utilizar para no producir de más, utiliza lo que tiene para llevar a cabo una gran diversidad de funciones. Las moléculas, por ejemplo, que se activan en una célula, generalmente son distintas para mediadores químicos, pero es la forma en la que se combinan entre sí lo que da la gran funcionalidad. En realidad, el número de moléculas que tiene el organismo son mediadores de señales, pero la versatilidad de estos procesos, son las combinaciones en que se organizan.

### **Has dedicado mucho tiempo de tus investigaciones a una hormona ¿Cómo podríamos describir la prolactina? ¿Qué hace la prolactina?**

La prolactina está presente en la naturaleza antes de los mamíferos y tiene acciones a muchos niveles, diferentes también dependiendo del contexto y tipo de función que se requiere, incluso una misma función la puede regular en un mismo sentido distinto, dependiendo de la etapa de vida del animal, puede ser estimuladora, puede ser inhibitoria y su función va más allá que la producción de leche, aunque no pienso que la producción de leche sea limitar la función de la prolactina. Después de muchos años de estudiarla y toparme que la lactancia no era un tema interesante en la investigación biomédica, ahora la estoy retomando como algo extraordinariamente importante, en mi grupo de trabajo ya hay varios que se están enfocando en realzar el papel de la prolactina en la lactancia, porque si no hay lactancia no habría mamíferos. El hombre es el único que la ha logrado sustituir y habría que evaluar que tan efectiva y que tan adecuada ha sido sustituirla.





**Con el propósito de que entendamos lo fundamental que es la lactancia ¿Qué consecuencia podría tener el inhibir de alguna forma la producción de prolactina?**

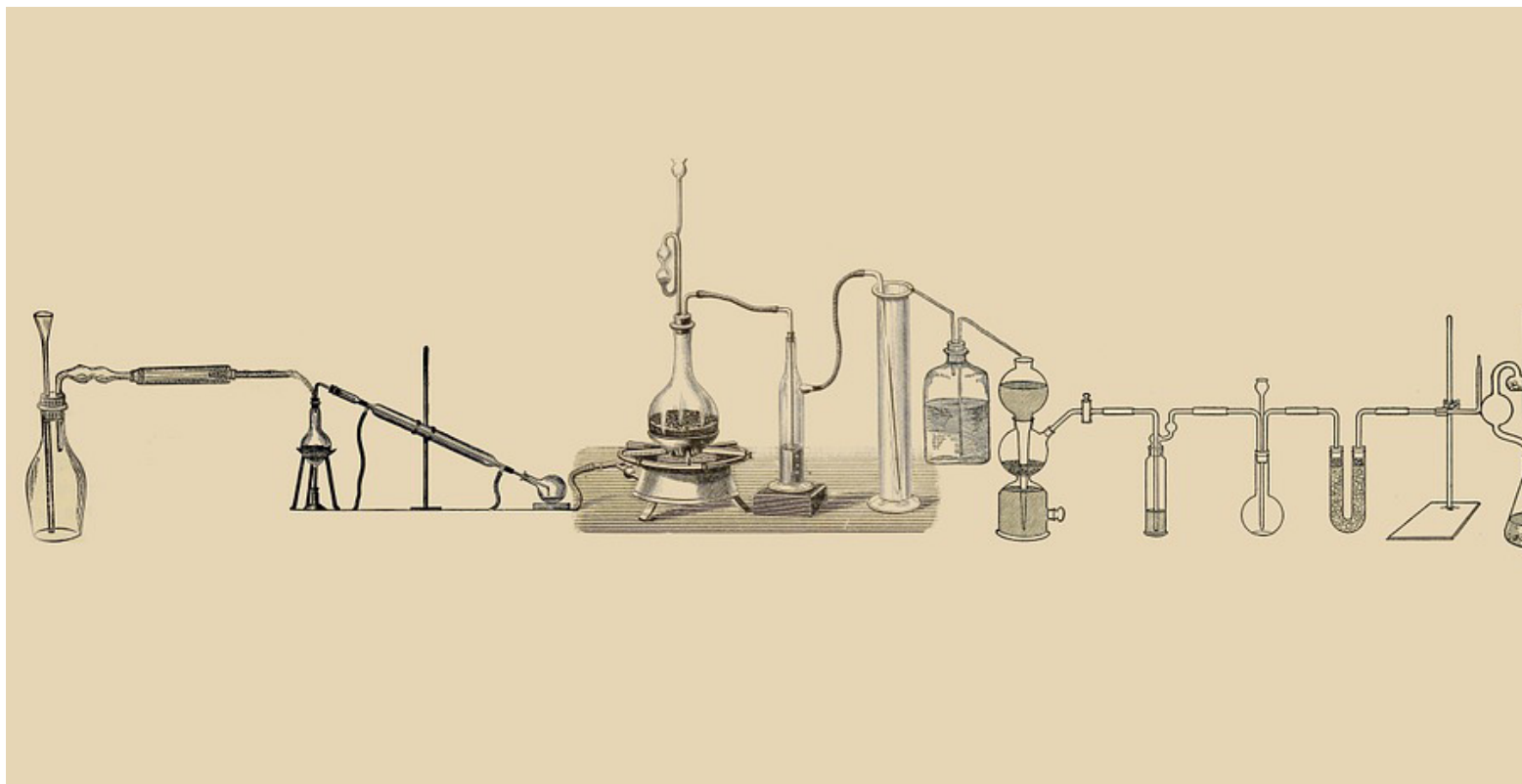
El asunto es que en los humanos se puede sustituir la lactancia y esta sustitución no tiene tanto tiempo, ya que fue a mediados del siglo pasado y los mamíferos ya tienen millones de años en la naturaleza, o sea, es un alimento que se fue especializando, entonces no es fácil reproducirlo, yo creo que los problemas de la civilización, los problemas de salud de la civilización actual, esencialmente metabólicos van de la mano, son ese tipo de decisiones de bloquear eventos naturales. En el laboratorio estamos llevando a cabo estudios donde sabemos que si quitamos la prolactina de la leche en una rata, se genera resistencia a la insulina en el recién nacido y... cuantas condiciones más no estaremos propiciando. Con la eliminación de la lactancia, estamos condicionando a nuestros hijos a tener todos estos trastornos metabólicos que estamos viendo, que están apareciendo antes de tiempo en la vida, antes no ocurrían, realmente en la naturaleza no se hablaba, hasta el siglo pasado, la incidencia de diabetes era muy baja.

**¡Y ahora tenemos una epidemia!**

Y ahora es una epidemia, porque pensamos que nosotros podemos dirigir la biología y ese es el punto que creo que no es correcto, la prolactina como digo, es uno de tantos componentes de la leche, con la función de estimular la producción de leche, pero no es el único, tan es así, que la naturaleza se aseguró que hubiera más o sea que hay un complejo de hormonas, de la hipófisis, que van a estimular la producción de leche en el humano.

**La producción de leche es un proceso muy complejo ¿qué consecuencias trae el inhibir su producción?**

El inhibir su producción, creo que es por ignorancia y por intereses económicos, con el fin de introducir alimentos artificiales. Sinceramente, quizá porque los mismos metódicos están convencidos de que da lo mismo inhibir o no la producción de leche, ya que ven crecer al niño sano, y también está la situación de las mujeres, que al no tener las facilidades para tener al niño en el sitio de trabajo o tiene que ocultarse cuando están amamantando porque está mal visto, entonces todo eso es una presión tremenda sobre las mamás, pero induda-



blemente no solo la alimentación del niño es muy superior sino todos los componentes que son variadísimos, por ejemplo, la caseína de la leche materna es distinta a la de la vaca. La caseína en la leche materna funciona como morfina natural y ayuda al sueño del bebe o también hay muchos cofactores que hacen que las proteínas o los lípidos se asimilen mejor por el organismo del recién nacido. Se sabe que la prolactina pasa la barrera hemato-retiniana que hay en la retina que controla el acceso al ojo, también pasa al cerebro y regula bastantes conductas, y... está en la leche.

### ¿Hay posibilidades de utilizar el conocimiento sobre la prolactina y sus derivados, en el tratamiento de enfermedades?

Bueno, eso es lo que nos proponemos, de hecho, tenemos un protocolo clínico en proceso en donde estamos modificando la producción de prolactina con la esperanza de incrementar las vasoinhibinas, que tiene efectos benéficos contrarrestando las alteraciones vasculares en el ojo de pacientes diabéticos.

Las vasoinhibinas son una familia de proteínas que tienen propiedades inhibitorias sobre los vasos sanguíneos, por eso su nombre, inhiben la formación de nuevos vasos, inhiben la vasopermeabilidad y la dilatación de los vasos que es parte del sistema homeostático que regula la presión sanguínea, en fin... y procesos inflamatorios.

El interés principal de estudiar las vasoinhibinas, es en el origen del cáncer, que no solamente se frenaría la expansión del tumor porque se le frenaría el acceso al oxígeno y a los nutrientes, sino inhibir la metástasis, la migración de las células tu-

morales a sitios distantes, que también caracteriza al cáncer.

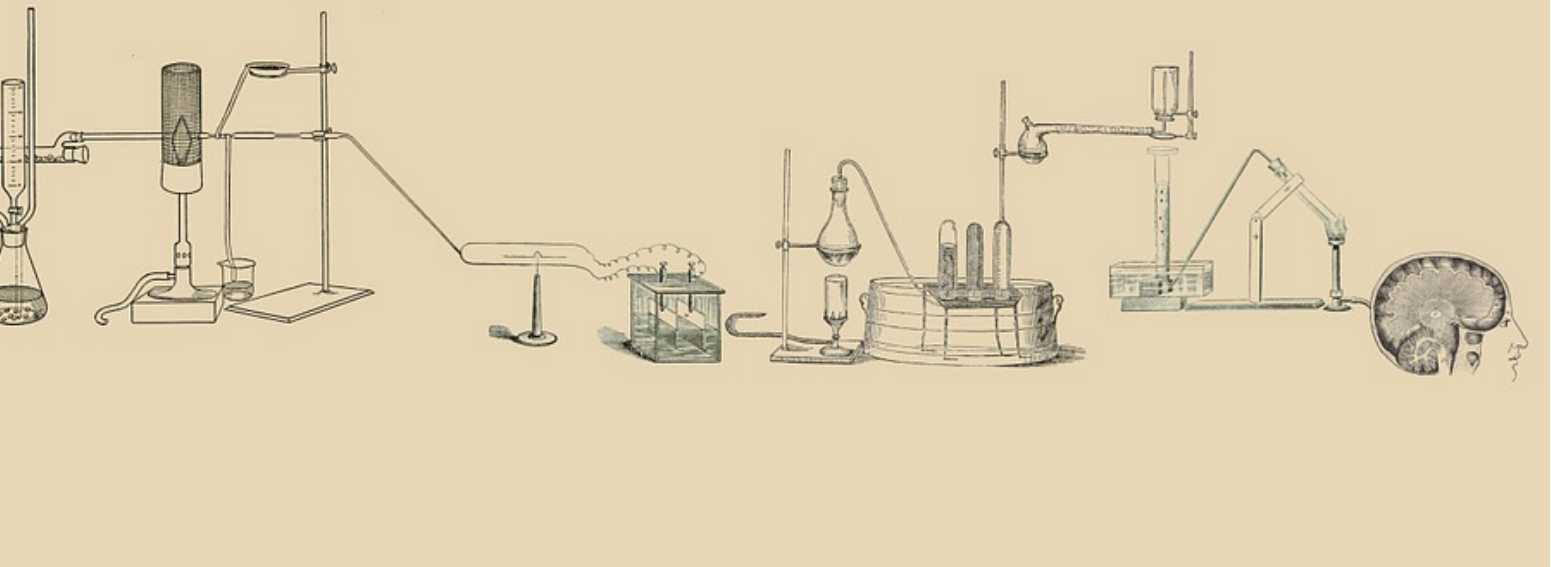
También sabemos que la prolactina puede regular la función renal y el volumen de agua, particularmente en vertebrados inferiores, en peces, pero se ha estudiado poco en vertebrados superiores como mamíferos.

### ¿Cuántos años tienes trabajando con prolactina?

Desde mis estudios de maestría y doctorado, realicé investigaciones en un laboratorio de un experto en lactancia, el Dr. Flavio Mena, el primer director del Instituto de Neurobiología, quien me introdujo a trabajar con la prolactina, o sea... que toda mi vida he trabajado sobre esa molécula... la prolactina.

### ¿Recuerdas los primeros experimentos que realizaste con prolactina?

Nosotros trabajábamos siempre con roedores pero también con conejas lactantes en donde mediamos la producción de leche a lo largo del día con tal de saber en qué momento, si inyectábamos la prolactina, empezaba a ejercer su efecto estimulando la producción de leche -entonces era nada más una jeringa, inyectábamos prolactina, usábamos a las crías para ordeñar a la coneja, dándoles oxitocina, una hormona que se necesita para que salga la leche de la glándula- Pudimos encontrar que bastaba una sola inyección de prolactina para mantener la producción de leche por un día, porque en la coneja a diferencia de otras especies, la prolactina es el único componente que se requiere para mantener una producción de leche normal.



**¿En esa época te imaginabas que la prolactina iba a ser tu tema de vida académica?**

Lo que me motivaba mucho, es que el laboratorio era muy productivo, muy serio, tenía un gran respeto por la investigación, el jefe de laboratorio era apasionado de lo que hacía y lo hacía con mucha seriedad y con mucha responsabilidad, pero después me salí del tema de la lactancia, pensando sobre todo en muchas de las acciones que tiene la prolactina fuera de la lactancia.

**¿A parte de tu grupo de investigación, hay otros grupos en el país trabajando estos aspectos?**

En México, lo que pasa es que somos grupos aislados, somos pocos, con un determinado tema, eso dependiendo de las distintas escuelas. En endocrinología si hay algunos que siguen trabajando, que seguramente fueron mis alumnos o fuimos alumnos del Dr. Flavio Mena y que continuamos estudiando la prolactina, pero sí, creo que lo que caracteriza al país es que somos poquitos dentro de cada uno de los temas, eso no está del todo mal porque fuerza la interacción, fuerza a hacer un esfuerzo y a seguir el trabajo de los otros, cosa que en otros ambientes la gente no está dispuesta a ese esfuerzo, se concentra en su universo y ya. Con las interaccionamos se crea mucha riqueza de ideas novedosas, porque son de otro campo.

**¿Cómo podrías convocar a los jóvenes a que dedicaran un esfuerzo importante a entender la función de la prolactina? ¿qué tendría que hacer un joven?**

Creo que independientemente de la prolactina, ésta

es una profesión extraordinaria, siempre se los digo cuando me vienen a ver, es extraordinaria porque te dedicas a pensar, a entender, a razonar y eso te da placer y así pasa a lo largo de toda tu profesión, te encuentras a los grandes investigadores, que si tú tienes una buena idea, no importa de dónde vengas y quien eres, si eres chico, si viejo, te van a escuchar con mucha atención y van a sentirse agradecidos de poder sentirse al menos oír nuevas ideas o compartir sus propias ideas. Aunque me critican por decir esto, los que se dedican a la investigación científica, son las mejores personas del mundo, porque no les importan las cosas superficiales.

Lidiar con el ejercicio mental, se hace muy poco, desafortunadamente se hace muy poco y entonces no aprendes a disfrutarlo. Si estuviéramos en las escuelas con los niños y les enseñáramos, simplemente, a disfrutar y a tratar de entender, hay tantas preguntas que surgen nada más de la observación, de cualquier cosa y que te da un enorme placer encontrar una respuesta, que yo creo tendríamos a todos interesados.

El problema es que no puedes atraer a mucha gente al campo de la investigación, porque no hay las condiciones para que tengas éxito, desde el punto de vista económico, por la limitación de apoyos, plazas o contrataciones. Creo que hay que afrontarlo con responsabilidad, pero cuando llegan los alumnos a mi laboratorio, yo sé que una vez que les resultan sus experimentos ya no me tengo que preocupar nunca más, porque están ahí todo el tiempo, voy el fin de semana y ahí están y les encanta y están felices, es un placer que cada día es distinto.

# ARTÍCULO

## ¡Algo de lo mucho que las plantas producen!

Ya en **Saber Más** hemos leído artículos sobre la gran cantidad de compuestos que las plantas producen y por qué lo hacen. Algunos funcionan como parte de los mecanismos de defensa, pero también les sirven como atrayentes y como repelentes, y otros son esenciales para su crecimiento y desarrollo. A estos últimos, se les denomina reguladores del crecimiento vegetal y comúnmente se les nombra como las hormonas de las plantas, compuestos que se describen en el artículo **“Fitohormonas: su función en las semillas”**, en el que aprenderás acerca de su función y como éstos son los responsables de las diferentes respuestas fisiológicas en las plantas.

Las antocianinas son metabolitos secundarios que producen las plantas, los que podemos ver en tallos, hojas, flores y frutos; éstos son un grupo de compuestos responsables de

los colores como el rojo y el azul, con una gran importancia ecológica y para la salud de nosotros lo humanos. En **“Una copa de antocianina ¡ah que buena medicina!”** los alumnos de una clase aprenden de los beneficios de estos compuestos, cuando el profesor es cuestionado acerca de ellos.

Pero no todos los compuestos producidos por las plantas son benéficos, quizás habrás oído que algunas personas son alérgicas a ciertas plantas o a sus productos, aunque lo más común son las alergias al polen, el aguacate, los cacahuates, frutos rojos y el plátano son fuentes de alérgenos. De estas moléculas responsables de causarnos alergias y cómo es su mecanismo de reacción, puedes leerlo en **“Alérgenos de las plantas: Responsables de nuestras alergias”**.



# ARTÍCULO

## Una copa de antocianina, ¡ah que buena medicina!

Hortencia Gabriela Mena-Violante y Pedro Damián Loeza-Lara



La D. en C. **Hortencia Gabriela Mena Violante** es Profesora-Investigadora de la Maestría en Ciencias en Producción Agrícola Sustentable del CIIDIR Unidad Michoacán, del Instituto Politécnico Nacional [hmena@ipn.mx](mailto:hmena@ipn.mx)

El D. en C. **Pedro Damián Loeza-Lara** es Profesor-Investigador de la Licenciatura en Genómica Alimentaria, en la Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo (UCEMICH) [pdloeza@ucienegam.edu.mx](mailto:pdloeza@ucienegam.edu.mx)

Todo empieza en una clase que se desarrolla en cierta aula universitaria, en donde el profesor de Biología y sus estudiantes, abordan el tema de las antocianinas, un grupo de compuestos químicos presentes en frutos y vegetales, los cuales, además de ser responsables de colores vivos como el rojo o el azul, y de tener funciones ecológicas importantes, proporcionan beneficios a la salud humana. En la dinámica de la clase, el profesor expone el tema y responde a diferentes cuestionamientos de los alumnos, destacando los beneficios de las antocianinas como en la prevención de enfermedades cardiovasculares, en la inflamación de tejidos y órganos, en el desarrollo de algunos tipos de cáncer, en la diabetes mellitus tipo 2, en las infecciones bacterianas y fúngicas, entre otras.



### Y... la clase inicia

En la clase, el profesor responde las dudas de los estudiantes y realiza diferentes aclaraciones, con el fin de promover el consumo de frutos y vegetales que contienen este tipo de compuestos químicos.

**Las antocianinas** -comentó el profesor en clase- forman parte de un grupo importante de pigmentos naturales que le dan color a numerosos frutos, vegetales y flores. Este grupo de compuestos son los causantes de colores preciosos como el azul intenso, el morado y el rojo. De hecho, la palabra antocianina deriva de las palabras griegas *anthos* y *kyanos*, que significan flor y azul oscuro, respectivamente.

-Disculpe profesor, ¿es importante para un fruto o una flor tener colores tan llamativos? -Preguntó un estudiante.

-Por supuesto, ya que se ha demostrado que estos pigmentos son atractivos de animales, entre ellos los insectos, lo que permite la dispersión de semillas y la polinización. Sin embargo, en esta clase lo que más nos interesa de las antocianinas no son sus cualidades ecológicas, sino sus beneficios potenciales a la salud humana. Por ejemplo, sus aportes para el alivio del estrés oxidativo y prevención de enfermedades cardiovasculares.

-Un momento por favor profesor, estrés oxidativo ¿qué? -Comentó otro estudiante con cara de no entender nada.

-El estrés oxidativo es un proceso de deterioro de la célula que depende de la producción de sustancias tóxicas llamadas radicales libres, las cuales pueden provocar envejecimiento y muerte celular. En este sentido, en estudios de laboratorio y con animales, se ha demostrado que **las antocianinas son potentes antioxidantes** que protegen a las células de los radicales libres. Asimismo, su capacidad

antioxidante les permite actuar en la prevención de enfermedades cardiovasculares.

-¿Esas enfermedades **tienen que ver con el corazón?**- Preguntó un chico que levantaba su mano desde hacía algunos minutos.

- Así es- Asintió el profesor con la cabeza. Pero también están relacionadas con problemas funcionales en los vasos sanguíneos, las venas y las arterias. Como lo pueden ver en la siguiente representación gráfica. El profesor explicaba que los radicales libres, mostrados en color rojo en la gráfica, provocan estrés oxidativo en las células. Y señalaba enfáticamente que la capacidad antioxidante de las antocianinas (mostradas en color azul) neutraliza el estrés oxidativo.

**Las antocianinas poseen actividad antiinflamatoria** ya que se relaciona directamente con la propiedad antioxidante -prosiguió el maestro- definiendo la inflamación como un proceso biológico complejo que se da en respuesta a algún daño en los tejidos del cuerpo. Dicha inflamación es estimulada por sustancias químicas llamadas ciclooxigenasas y prostaglandinas, entre otras.

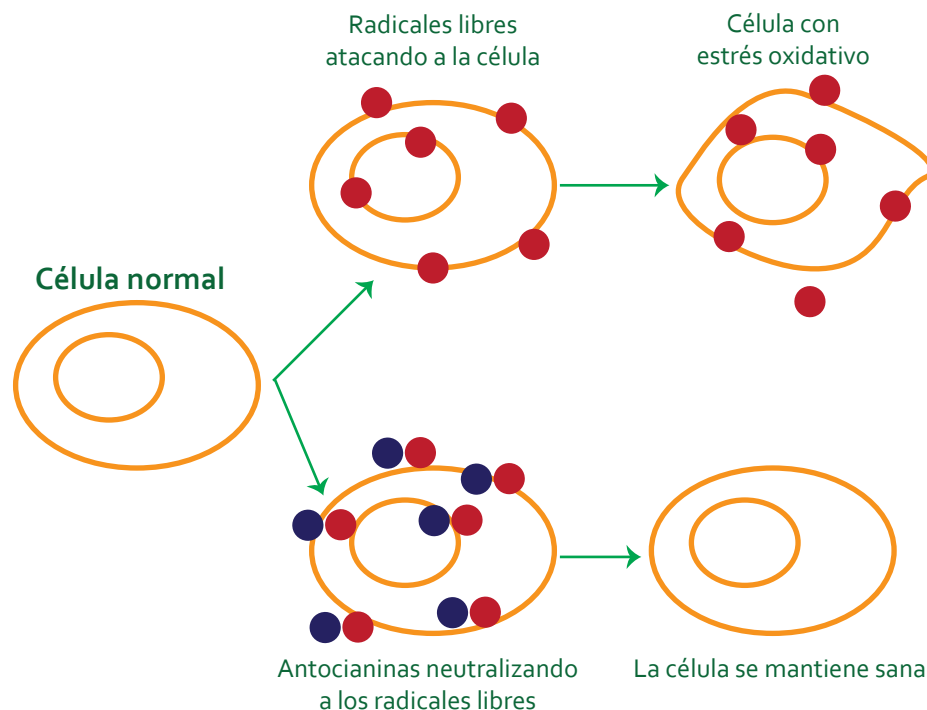
-**Esas sustancias tienen nombres muy complicados-** Aseveró el estudiante menos participativo.

-¿Les parece si los deletreamos?- Propuso el profesor, al tiempo que invitaba a sus alumnos a imitarlo exclamando: ¡ci-clo-oxi-ge-na-sas y prosta-glan-di-nas!, ¡muy bien!

Pues resulta que en estudios de laboratorio se encontró que las antocianinas de cerezas amargas, cerezas dulces, arándanos, zarzamoras, moras azules, frambuesas y fresas, inhibieron la acción de estas ciclooxigenasas, lo que mostró su posible actividad antiinflamatoria. De hecho, esto se confirmó posteriormente en estudios con animales, observándose resultados antiinflamatorios prometedores.



Frutos y vegetales que contienen antocianinas de colores intensos



Los radicales libres (mostrados en color rojo) provocan estrés oxidativo en las células. La capacidad antioxidante de las antocianinas (mostradas en color azul) neutraliza el estrés oxidativo.

Pero, además **las antocianinas son anticancerígenas**, es decir que son una alternativa contra el cáncer ¿Saben qué es el cáncer? -preguntó el profesor- es el nombre que se le da a un conjunto de enfermedades que están relacionadas y que se caracteriza porque las células de los tejidos se dividen sin control, dando lugar a tumores.

-Híjole esta enfermedad si me da miedo -comentó otro estudiante con cara de susto.

-Claro que sí- Ratificó el maestro. -Ya que las estadísticas de muerte por diferentes tipos de cáncer son escalofriantes.

Se ha demostrado que las antocianinas provenientes de diversas fuentes como arándanos, uvas, fresas, maíz morado, zanahoria morada y rábano rojo, entre otras, poseen actividad anticancerígena sobre células cancerosas de colon, epitelio intestinal, oral, próstata y mama –comentó el profesor-.

Lo más importante es que, muchos de estos estudios también se han realizado en animales, los cuales arrojan resultados muy alentadores, puesto que se ha observado que las antocianinas poseen efectos preventivos en diversos tipos de cáncer, principalmente en aquellos relacionados con el tracto gastrointestinal.

**Las antocianinas también ayudan para el control de la diabetes mellitus tipo 2** –mencionó el profesor- esta enfermedad es un desorden metabólico que está aso-

ciado al poco o nulo funcionamiento de una hormona llamada insulina. Esta hormona es fundamental en la entrada de la glucosa a las células del cuerpo para que éstas generen energía.

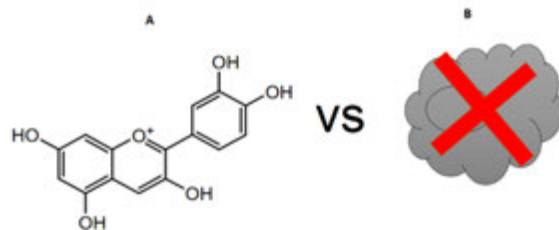
-¿Energía como la que usa Gokú?- preguntó un estudiante bastante distraído-

-No, me refiero a energía química que sirve para hacer trabajo metabólico para el funcionamiento de la célula y se le llama ATP (Adenosín Trifosfato)- Puntualizó el maestro.

La insulina es producida por un tipo especial de células del páncreas llamadas células beta ( $\beta$ ); sin embargo, si la hormona no funciona adecuadamente, nuestras células no producirán ATP. Debido a lo anterior, los pacientes diabéticos presentarán síntomas como debilidad, pérdida de peso, mucha sed, entre otros.

En este sentido, la actividad antioxidante de las antocianinas protege a las células  $\beta$  del estrés oxidativo inducido por la glucosa, como se ha observado en ratas diabéticas tratadas con antocianinas de moras azules, lo que indica que estos compuestos son efectivos en prevenir el desarrollo de oxidación *in vivo*, lo que, de otra manera, podría desencadenar en diabetes.

Disculpe profesor, -preguntó otro estudiante- **Los científicos dicen que las plantas se defienden de sus enemigos naturales (herbívoros y pa-**



Las antocianinas tienen actividad anticancerígena. A) Estructura química de la cianidina, una antocianina (Tomada de He y Giusti, 2010). B) Células cancerosas.

tógenos) ¿eso es cierto?

-Claro que sí, - Respondió el profesor mientras volvía su mirada hacia el jardín.

-Las plantas utilizan diferentes estrategias de defensa, entre las cuales destacan la acción de los compuestos fenólicos antimicrobianos, un grupo químico al cual pertenecen las antocianinas. Lo importante de esta característica de las antocianinas es que se ha estudiado su **actividad antimicrobiana** contra bacterias patógenas de humanos.

-¿Bacterias como *Escherichia aureus* y *Staphylococcus coli*?- Aseveró un estudiante con cara de suficiencia.

-Así es, pero sus nombres científicos correctos son *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*- Le corrigió el maestro y continuó con su explicación.

Así, diversos estudios muestran la capacidad antimicrobiana de extractos de antocianinas de

zarzamoras, frambuesas y fresas al reducir la viabilidad de otras bacterias patógenas de humanos como *Salmonella enterica* y *Helicobacter pylori*, además de *Candida albicans*, un hongo que también es patógeno de humanos.

-¿Eso quiere decir que el consumo de frutas y verduras que poseen antocianinas es súper beneficioso en la prevención de numerosas enfermedades verdad?- Comentó otro estudiante que tomaba nota rápidamente.

-Como ya lo hemos visto, así es, sobre todo el consumo de frutos y hortalizas rojos, ya sea frescos en ensaladas o sus productos como los jugos y el vino.

«Por lo tanto, una copa de antocianina ¡ah que buena medicina!,

- Finalizó la clase el profesor-»

***Una copa de antocianina ¡ah que buena medicina!***



SaberMás 

Castañeda-Sánchez, A. y Guerrero-Beltrán J.A. 2015. Pigmentos en frutos y hortalizas rojas: antocianinas. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 9:25-33. <http://web.udlap.mx/tsia/files/2016/05/TSIA-9-Castaneda-Sanchez-et-al-2015.pdf>

Garzón; G.A. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: Revisión. *Acta Biológica Colombiana*, 13(3):27-36.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=319028004002>

He, J. y Giusti M.M. (2010). Anthocyanins: Natural colorants with health-promoting properties. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.*, 1:163-187. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22129334>

## ARTÍCULO

# Alérgenos de las plantas: responsables de nuestras alergias

Rodolfo López Gómez



### ¿Por qué algunas plantas nos producen alergias?

**A**unque sea difícil de creer, las plantas son una de las mayores fuentes de alérgenos, las moléculas responsables de causarnos alergias. Un alérgeno producido en plantas, provoca una reacción alérgica (de hipersensibilidad) en personas susceptibles y que han tenido algún tipo de contacto con dicho alérgeno.

Nuestro sistema inmunológico al detectar un alérgeno, reacciona ante éste con el objetivo de atacarlo, desencadenando la producción de Inmunoglobulina E (IgE). Los alérgenos que desencadenan este tipo de respuesta, suelen ser proteínas que estimulan el sistema inmunitario por sí solas o en combinación con otros elementos. Su capacidad no depende únicamente de su composición, como

*El Dr. Rodolfo López Gómez es Profesor e Investigador, responsable del laboratorio de Fisiología Molecular de Frutos del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.  
logrodo2010@hotmail.com*

los aminoácidos, o de la secuencia de éstos que es el orden en que están dispuestos en la proteína, lo que hace diferente a unas proteínas de otras, sino también de la forma que esa cadena adopta en las tres dimensiones del espacio, es decir de su estructura: la alergenicidad de una proteína se relaciona, entonces, con su secuencia y su estructura.

Estos alérgenos pueden entrar al cuerpo a través de las vías respiratorias, como alimentos o simplemente al entrar en contacto con la piel, en la cual causan una irritación. Los alérgenos presentes principalmente en polen y esporas de plantas, son responsables de síntomas como la rinoconjuntivitis, asma, edema, urticaria y anafilaxis, esta última respuesta puede ser mortal ya que los síntomas son asfixia y pérdida de conocimiento, lo que se conoce como choque anafiláctico.

Los alérgenos ingeridos como alimento resultan en diferentes respuestas como prurito, hinchamiento de labios, garganta y paladar, frecuentemente acompañadas de sensaciones de pesadez, comezón, tos, síntomas gastrointestinales, rinitis, asma, reacciones cutáneas y un severo choque anafiláctico. Algunos alérgenos de plantas son causantes de reacciones en la piel causando dermatitis, comezón en los dedos e irritación de la piel. Los grupos de alérgenos más ampliamente reportados

de plantas pertenecen a proteínas de reserva de la semilla y a un tipo de proteínas que se sintetizan para atacar a sus patógenos denominadas "Proteínas Relacionadas a Patogénesis" (PRs).

### Una planta al defenderse produce los alérgenos

Las plantas como todos los organismos vivos, tienen mecanismos de defensa para protegerse de los patógenos que las atacan, diferentes al de los animales ya que ellas no producen anticuerpos. Para defenderse, las plantas producen una gran cantidad de compuestos y proteínas que son tóxicas para los patógenos, este sistema es conocido como inmunidad innata.

Como mencionamos anteriormente, un grupo de proteínas encargadas de la defensa de los vegetales son las PRs, las que se inducen generalmente por diversos patógenos tales como virus, bacterias y hongos. Algunas de estas proteínas también son expresadas en respuesta a algunos químicos que actúan en forma similar a una infección por patógenos y en respuesta a algunos tipos de estrés. Sin embargo, algunas PRs se expresan en algunos órganos o durante ciertos estados del desarrollo de la planta de manera constitutiva, sin que haya un efector que las induzca.



### ¿Pero, qué son las PRs?

Las PRs generalmente son proteínas de bajo peso molecular en un rango de 6-43 kDa, muy estables a pH ácido (menor a 3) y son resistentes al ataque de enzimas que las destruyan como las proteasas, lo cual les ayuda a permanecer estables en ambientes adversos como son las vacuolas, paredes celulares o espacios intercelulares. Usualmente su expresión responde a moléculas señales que se emiten durante el ataque por patógenos a la planta, como el ácido salicílico y el etileno.

Originalmente se han reconocidos cinco grupos de PRs pero gradualmente se han ido identificando nuevas PRs, por lo que actualmente se tienen 17 familias reconocidas, basadas en la similitud que presentan en su composición de aminoácidos y su actividad enzimática.

Las proteínas PRs tienen múltiples funciones en la planta, aunque la mayoría de ellas presentan actividad antifúngica, antibacteriana, insecticida, nematocida y algunas se ha visto que presentan actividad antiviral; también las hay con actividad enzimática como la beta-1-3 glucanasa y la quitinasa; y otras tienen efecto de permeabilizar membranas como es el caso de las defensinas y las transportadoras de lípidos (LTPs).

Uno de los órganos donde se producen este tipo de proteínas, son los frutos, los que durante su desarrollo expresan de manera abundante proteínas PRs, probablemente para proteger y asegurar el buen desarrollo de las semillas que llevan el embrión en su interior, y así asegurar la posibilidad de propagarse. Sin embargo, los frutos y las semillas son para muchos animales, incluyendo el hombre, la principal fuente de alimentación.

En años recientes, se han aislado y caracterizado varias proteínas PRs y sus homólogos que son causantes de alergias en humanos. Su tamaño, estabilidad, resistencia a ser digeridas por las enzimas hidrolíticas del intestino y a que algunas de ellas tienen la capacidad de permeabilizar membranas, características que las hacen excelentes candidatas para inducir una respuesta alérgica.

### Reactividad Cruzada y el Síndrome de Alergia Oral (SAO)

Pero eso no es todo, la mayoría de estas proteínas están asociadas con lo que se conoce como "reactividad cruzada". Esto es, que pacientes que presentan una respuesta alérgica a un alérgeno como por ejemplo el polen de plantas, también desencadenan síntomas de alergia al ingerir ciertos frutos, nueces y/o vegetales frescos. Esto se puede explicar porque los anticuerpos desarrollados originalmente en respuesta a un alérgeno "sensibilizan" el sistema inmune el cual reconoce regiones similares de otras proteínas alérgicas.



Algunos de los síndromes alérgicos más comunes son: el de polen-alimentos, látex-frutas, abedul-artemisa-apio, todos ellos están asociados entre diferentes proteínas PRs. Estos síndromes son los causantes de lo que conocemos en general como Síndrome de Alergia Oral (SAO).

Solo ocho familias de las PRs descritas, han sido clasificadas como alérgenos y recientemente se ha observado que tienen diferentes niveles de expresión en respuesta a las diferentes condiciones de crecimiento incluyendo la respuesta a contaminantes ambientales. El grupo más grande de PRs causantes del Síndrome de Alergia Oral (SAO) corresponde a la familia PR-10, una familia de proteínas intracelulares con función desconocida. El miembro destacado de esta familia es el alérgeno del abedul (Bet v 1) *Betula verrucosa* (polen del abedul): la sensibilización a este alérgeno causa reactividad cruzada con proteínas homólogas presentes en varios alimentos, entre ellos frutas de la familia de las Rosáceas como la manzana, la cereza, el durazno y la pera, pero también en el apio y la zanahoria; además, existen proteínas PR-10 responsables de la respuesta alérgica a las leguminosas, homólogas al Bet v 1 de abedul y son las causantes de la alergia a la soya, cacahuete y germinados de soya; la alergia al polen de abedul también ha sido asociada con alergias a las avellanas y a las castañas.

Otro grupo importante de PRs causantes del SAO, son las de la familia de las PR-5, en las cuales existe reactividad cruzada entre el alérgeno del cedro de montaña, la cereza, la manzana y el pimiento. Las proteínas dentro de esta familia de PRs tienen una gran homología de sus aminoácidos con las de una proteína endulzante llamada tauma-



tina, aislada del fruto del *Thaumatococcus daniellii* (arbusto tropical de la familia Marantaceae), estas proteínas tienen actividad antifúngica para protección de las plantas.

En frutos como el aguacate, el plátano, la castaña y en el látex de la planta del hule, se produce un alto contenido de quitinasas, que pertenecen a las PR-1, y se han relacionado como un tipo de alérgenos causantes de la reacción cruzada alérgica o SAO, por lo que el consumo de éstos se asocia al síndrome de látex-frutas.

### **Pero, aún hay más sobre los alérgenos de las plantas**

En estudios recientes en pacientes con SAO se ha revelado un nuevo grupo de proteínas responsables de la reactividad cruzada entre especies de plantas que se relacionan taxonómicamente o no, denominados panalérgenos o también llamadas

proteínas transportadoras de lípidos (LTPs). Estas proteínas han sido diseñadas para atacar patógenos vegetales como son hongos, bacterias y virus, y se han agrupados en la familia PR-14 junto con las conocidas como péptidos antimicrobianos de plantas, entre las que están las defensinas y las snakininas. En países del sur de Europa, como España y Portugal, los alérgenos alimentarios son de los más comunes relacionados con frutas y provocan síntomas moderados a severos de SAO, urticaria y anafilaxis. Estas proteínas también son expresadas de manera abundante en frutos y semillas principalmente.

Estudios realizados en México indican que los alimentos mayormente implicados en el SAO son, en orden de importancia: las manzanas, el durazno y el plátano. A diferencia de investigaciones en el norte de Europa donde el abedul constituye la alergia más común al polen, en nuestra población son más frecuentes las sensibilizaciones por el aliso, el roble, el fresno y el abedul, en este orden de importancia. Sin embargo, son pocos los estudios (incluyendo estadísticas) realizados en nuestro país, lo que posiblemente esté subestimando la frecuencia del SAO en la población. Por ello, es necesario realizar estudios en nuestro país, para identificar los alérgenos responsables del desarrollo del SAO en nuestra población, ya que muy probablemente sean diferentes a los reportados en otros países.

¡Pero no todo es malo sobre este tipo de alérgenos! Algunas de estas proteínas debido a la función que ejercen en las plantas, sobre todo por sus propiedades antimicrobianas, se realizan investigaciones para utilizarlas en la agricultura con el propósito de controlar plagas y enfermedades, así como la posibilidad de usarlos como nuevos fármacos en diferentes tipos de enfermedades infecciosas, como antivirales, antiinflamatorios y anticancerígenos.

SaberMás 

Azamar-Jácome, A.A., Azamar-Jácome M.A., Borjas-Aguilar K.L., Mendoza-Hernández D.A. y Huerta-López J.G. (2017). Perfil clínico-epidemiológico del síndrome de alergia oral en población de 6 a 18 años. *Rev. Alergia Méx.*, 64(2):142-152.

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2448-91902017000200142](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-91902017000200142)

Armentia, A., Martín-Armentia S., Martín-Armentia B. y Santos J. (2015). Alergia a los alimentos. *An. Real Acad. Med. Cir. Vall.*, 52:143-188

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5530824.pdf>

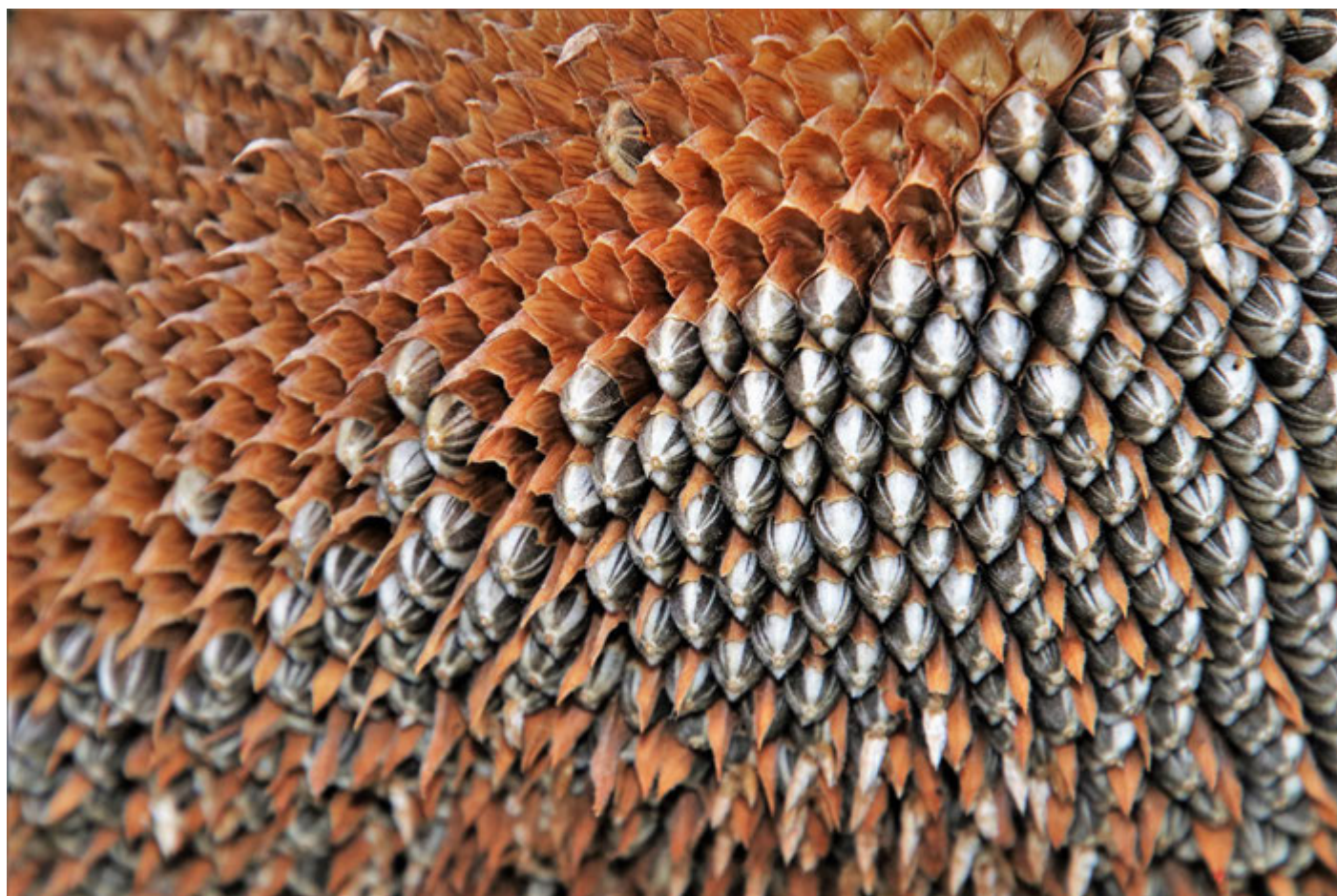
Díaz-Perales, A., Blanco C., Sánchez-Monge R., Varela J., T. Carrillo y G. Salcedo. (2003). Analysis of avocado allergen (Prs a 1) IgE-binding peptides generated by simulated gastric fluid digestion. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 112(5):1002-1007.

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0091674903020347>

# ARTÍCULO

## Fitohormonas: su función en las semillas

Aarón Giovanni Munguía Rodríguez



*El M.C. Aarón Giovanni Munguía Rodríguez es estudiante del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas en la Opción de Conservación y Manejo de Recursos Naturales, en la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. [juifrewq@gmail.com](mailto:juifrewq@gmail.com)*

Las plantas son organismos que pasan toda su vida en un mismo sitio, donde obtienen lo que necesitan para vivir como la luz proveniente del sol y los nutrientes y agua a partir del suelo; con eso es suficiente para que ellas realicen diversos procesos como la fotosíntesis o el transporte del agua y los diferentes elementos orgánicos y minerales, esenciales para elaborar otros compuestos útiles para su crecimiento y desarrollo.

Todos los órganos de una planta como las raíces, los tallos, las hojas, las flores y los frutos, son importantes para su desarrollo y crecimiento, pero las semillas en particular son las que además de servir como una estructura para perpetuar la especie, son indispensables para aumentar su población y



son las unidades de dispersión que les permite establecerse en otros lugares que presenten condiciones adecuadas para su supervivencia.

### Las semillas, unidad reproductiva en plantas

Las plantas con flores o conos (angiospermas y gimnospermas, respectivamente), forman las semillas por reproducción sexual, un proceso complejo y de gran coordinación en el que los granos de polen, que contienen los gametos masculinos se transportan directa o indirectamente desde el órgano masculino de la flor (el estambre) hasta el femenino (el pistilo). Cuando el polen llega al estigma, se activa el desarrollo un tubo polínico que crece hasta el ovario, donde se depositan los gametos masculinos para fecundar a los óvulos dando lugar a la formación del embrión.

Generalmente, las semillas están constituidas por el embrión, una planta en miniatura, rodeado por tejidos nutritivos (endospermo) y envuelto en una capa protectora (testa). Podemos encontrar semillas desde un microgramo en algunas orquídeas hasta más de 20 kg como el coco de ciertas palmeras. En función de su viabilidad, las semillas se pueden clasificar en ortodoxas o recalcitrantes: las semillas ortodoxas son capaces de sobrevivir a largos periodos de desecación o congelación, como el caso una semilla ortodoxa de palma que logró germinar después de 2000 años. Por otro lado, las semillas recalcitrantes son sensibles a los efectos prolongados de la sequedad o bajas temperaturas; por tanto, su almacenamiento no es habitual ya que requieren condiciones muy específicas. Dependiendo del tipo de semilla, para que el embrión reanude

su crecimiento y se establezca una planta autosuficiente, las semillas almacenan compuestos que le proporcionan energía (carbohidratos y lípidos), así como otros necesarios para su funcionamiento (proteínas y minerales).

### ¡Hay algo más! Las fitohormonas

Para que una planta desempeñe sus funciones adecuadamente, necesita además otros compuestos que se encarguen de coordinar su desarrollo, entre los cuales se encuentran las fitohormonas, también conocidas como fitorreguladores, hormonas vegetales o reguladores del crecimiento vegetal.

Estas fitohormonas controlan cada aspecto del crecimiento y desarrollo de las plantas, incluyendo las respuestas a señales internas y ambientales; se definen como moléculas que son producidas en un tejido específico dentro de un organismo y que pueden viajar para ejercer su función en otro sitio, donde son percibidas por otras moléculas (receptores) capaces de transmitir esa señal en varios pasos (rutas de señalización), que generalmente finalizan en la expresión de genes específicos dando como resultado una respuesta fisiológica.

Después de que oficialmente se propusiera la existencia de hormonas en las plantas a mediados del siglo XIX, la identidad y mecanismo de acción de cada hormona vegetal se ha estudiado extensivamente. Recientemente, por el empleo de plantas modelo como *Arabidopsis thaliana*, que facilitan el manejo de técnicas moleculares y bioquímicas, se han esclarecido varios misterios que subyacen en la actividad de las fitohormonas.

Se han identificado varias moléculas o grupo



de moléculas que actúan como fitohormonas entre las que tenemos al ácido abscísico, el ácido salicílico, las auxinas como el ácido indolacético, los brasinoesteroides, las citocininas

como la zeatina, las estrigolactonas, el etileno, las giberelinas, los jasmonatos, las karrikinas, el óxido nítrico, las poliaminas y algunos péptidos. Estas moléculas son sintetizadas como derivados del metabolismo intermediario de las plantas, su biosíntesis, transporte y lugar de acción varía según la fitohormona. Cuando finalmente han ejercido su función son degradadas o almacenadas en sitios determinados para su posterior empleo, como es el caso de las semillas.

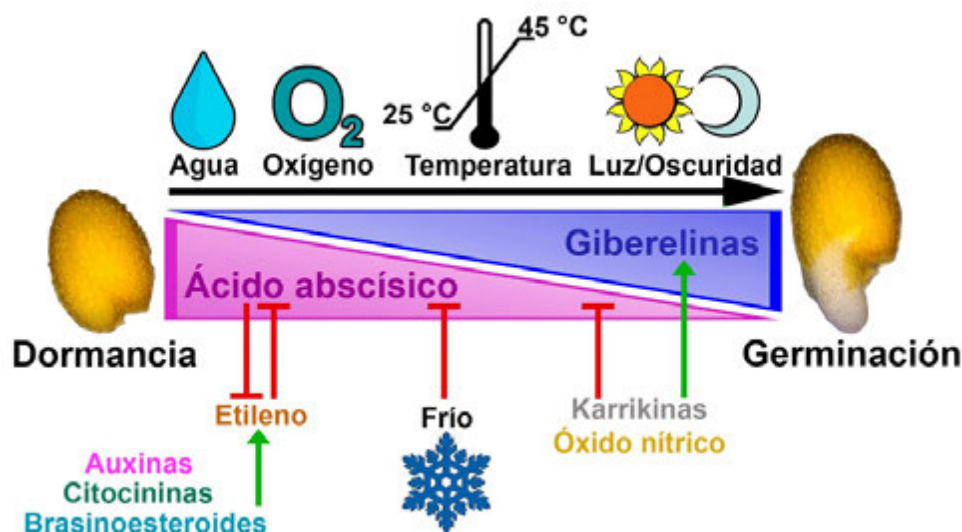
### Acción de las fitohormonas en las semillas

El desarrollo de las semillas en la planta va acompañado de cambios en los niveles de las principales hormonas vegetales. En la mayoría de las semillas, los niveles de citocininas son más altos durante la formación del embrión, ya que esta hormona favorece la división celular; posteriormente, los niveles de citocininas disminuyen para dar paso a un aumento en los niveles de auxinas y giberelinas que son responsables del crecimiento y diferenciación de las células. En las últimas etapas del desarrollo del embrión, los niveles de giberelinas y auxinas disminuyen y los niveles de ácido abscísico aumentan hasta que el embrión alcanza su tamaño máximo y se terminan de acumular las reservas. El ácido abscísico previene la germinación precoz de las semillas, también regula el crecimiento vegetativo y las respuestas al estrés.

### Fitohormonas y Germinación

La germinación es la reanudación del crecimiento embrionario dentro de la semilla, y para que sea exitosa requiere de una serie de factores: agua suficiente para rehidratar los tejidos y aumentar el volumen del embrión, disponibilidad de oxígeno para promover la respiración, un rango de temperatura óptima que para la mayoría de las semillas es de 25 a 45 °C y la presencia o ausencia de luz.

Las semillas de muchas especies no germinan a pesar de ser viables y estar expuestas a con-



diciones óptimas para su germinación, debido a que tienen su germinación bloqueada como resultado de un fenómeno conocido como dormancia o dormición y germinarán hasta que se cumplan con-

diciones especiales, lo que provee tiempo adicional a la semilla para su dispersión o para evitar que germine en circunstancias desfavorables.

La germinación se considera completa cuando la radícula emerge de la cubierta de la testa lo que permite establecer un contacto directo con el agua y los nutrientes requeridos para mantener el crecimiento de las plántulas.

Las fitohormonas están involucradas en la regulación de la germinación y la dormancia. Se sabe que el ácido abscísico tiene efectos inhibitorios sobre la germinación y las giberelinas la estimulan. Sin embargo, el ácido abscísico y las giberelinas no son las únicas hormonas que regulan este proceso de la semilla: el etileno, la hormona gaseosa responsable de la maduración de los frutos y la abscisión (caída de hojas y frutos), interfiere con la habilidad del ácido abscísico de inhibir la germinación; el ácido abscísico inhibe a su vez la síntesis de etileno, mientras que las citocininas, los brasinoesteroides y las auxinas la promueven.

La exposición de algunas semillas al frío disminuye las cantidades de ácido abscísico y ayuda a romper la dormancia, es por ello que las plantas lo emplean como mecanismo regulatorio para garantizar que las semillas no germinen durante el invierno y lo hagan en un clima más favorable.

La cubierta de la semilla también puede influir en la dormancia: en plantas de regiones tropicales húmedas actúa impidiendo la entrada de agua, mientras que las semillas típicas de climas áridos generalmente contienen sustancias inhibitorias de la germinación solubles en agua, que se eliminan luego de una lluvia intensa. La dormancia impuesta por la cubierta de la semilla puede suprimirse mediante la escarificación, que consiste en la eliminación mecánica o química de esta estructura. Las formas naturales de escarificación incluyen: la abrasión por arena, la acción microbiana o el paso de la semilla a través del tracto digestivo de un animal. La ruptura de la cubierta por calor

es una estrategia en muchas especies que asegura la repoblación de un ambiente con menos competencia después de un incendio. Conjuntamente, el humo también estimula la germinación al portar las fitohormonas karrikinas que al igual que el óxido nítrico, otra hormona gaseosa presente en plantas y animales, son capaces de romper la dormancia disminuyendo la cantidad de ácido abscísico o afectando su señalización y aumentando la síntesis o señalización de las giberelinas.

Por otro lado, existen plantas vivíparas, cuyas semillas germinan estando aún en la planta madre, esto se observa en los mangles de manera natural o en plantas que han sido modificadas genéticamente para ser deficientes en ácido abscísico; en otros casos, los frutos principalmente en descomposición llegan a emular las condiciones del suelo provocando la germinación de sus semillas.

### Importancia de la manipulación de las semillas

Debido a que las semillas proveen más del 50% de la ingesta calórica mundial humana y animal, la germinación y la dormancia son procesos importantes a considerar en la producción de los cultivos ante la creciente demanda mundial.

Las hormonas vegetales afectan la germinación de la semilla de manera individual o interactuando entre sí, por lo que conociendo los principios que rigen el comportamiento de la semilla se pueden ajustar los niveles hormonales de manera endógena por modificaciones genéticas o aplicando sustancias exógenamente. Esto, con el objetivo de acelerar o retrasar la germinación para aumentar la productividad o el tiempo de almacenamiento de las semillas en especies de interés agrícola, forestal, científico, medicinal u ornamental.



SaberMás 

Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 31(1): 74-85.

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362010000100011](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000100011)

Matilla, A.J. (2008). Desarrollo y germinación de las semillas. pp. 537-558. En: Azcón-Bieto, J. y M. Ta-

lón (eds.). *Fundamentos de la fisiología vegetal*. McGraw-Hill Interamericana de España, Madrid.

<https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2016/08/Matilla-2008.pdf>

Taiz, L. y Zeiger E. (2015). *Plant Physiology and Development*. Sinauer Associates, Inc. 6ª Edición. Capítulos 15 y 18.

# ARTÍCULO PORTADA

## Domesticación de plantas

Paulina Corona Tejeda y Johnattan Hernández Cumplido





Todas las personas nos hemos beneficiado, de manera directa o indirecta, de la domesticación de las plantas. Al menos una vez al día consumimos algún alimento que ha pasado por este proceso, ya que el maíz, aguacate, lechugas y zanahorias, forman parte de nuestra dieta regular.

Se estima que 2,500 especies de plantas en el mundo han sido domesticadas y sin duda, este procedimiento puede ser considerado como uno de los grandes saltos que la humanidad ha dado para establecerse de manera sedentaria y así, dar origen a las civilizaciones modernas.

### Pero ¿qué es la domesticación?

La domesticación se refiere al proceso por el cual se modifica la información genética de una especie *silvestre* con la finalidad de crear una nueva forma que se adapte a las necesidades humanas. Por lo tanto, las plantas domesticadas son aquellas que se diferencian morfológica y en algunos casos genéticamente de sus ancestros silvestres debido a la selección artificial de caracteres que satisfacen nuestras necesidades. En la actualidad se reconocen seis centros de domesticación de plantas en el mundo (fig. 1). De manera particular, Mesoamérica es uno de estos centros. En esta región tenemos una serie de plantas que hemos

domesticado desde tiempos ancestrales como el maíz, el frijol, el chile, la calabaza, el aguacate, las cuales actualmente son consumidas a nivel mundial y otras plantas que son consumidas localmente como el zapote, la guayaba y la vainilla, por mencionar las más importantes de valor económico.

Debido a este proceso de selección hemos sido capaces de modificar y fijar, distintos caracteres de las estructuras de las plantas, como las hojas (lechuga y col), semillas (frijol, maíz, trigo), frutos (aguacate, arándano, calabaza) e incluso raíces (papas y zanahorias).

Al conjunto de características que marcan la divergencia de un cultivo y su ancestro silvestre se le denomina "síndrome de domesticación". Pero... ¿sólo se pueden modificar las características físicas de las plantas? La respuesta es NO, pues otros de los beneficios que obtenemos con la domesticación es que la fisiología y las propiedades químicas de las plantas también se modifiquen, lo cual se refleja en un mejor sabor y color del producto, en la producción y la estacionalidad.

Como consecuencia, la domesticación ha llevado a que las especies muestren cambios estratosféricos, lo cual hace que muchas de las plantas cultivadas que vemos actualmente se parezcan muy poco a sus "parientes" silvestres. Aquí te mostramos unos ejemplos:

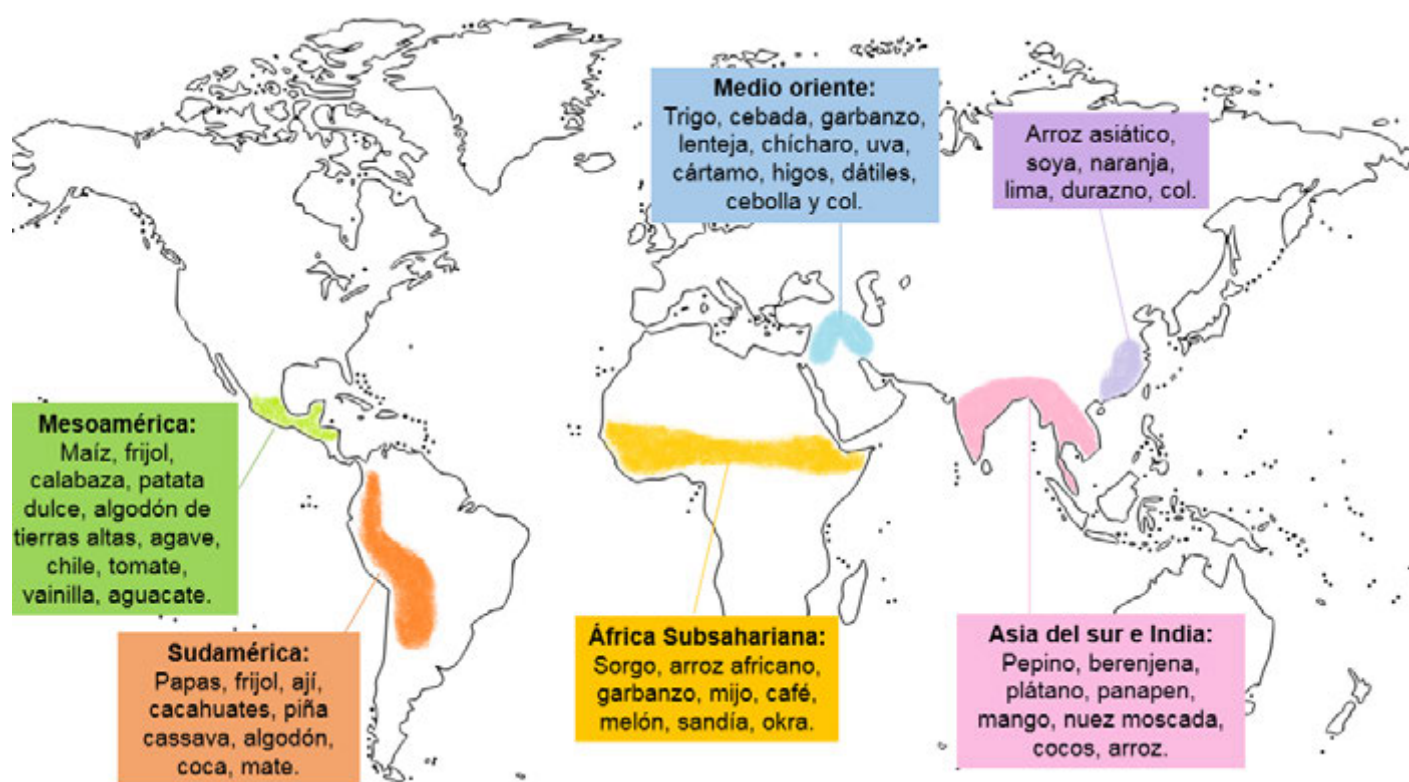


Figura 1. Principales centros de domesticación de plantas en el mundo. Fuente: Elaboración propia con base en: <http://b4fa.org/bioscience-in-brief/plantbreeding/gene-bank/>

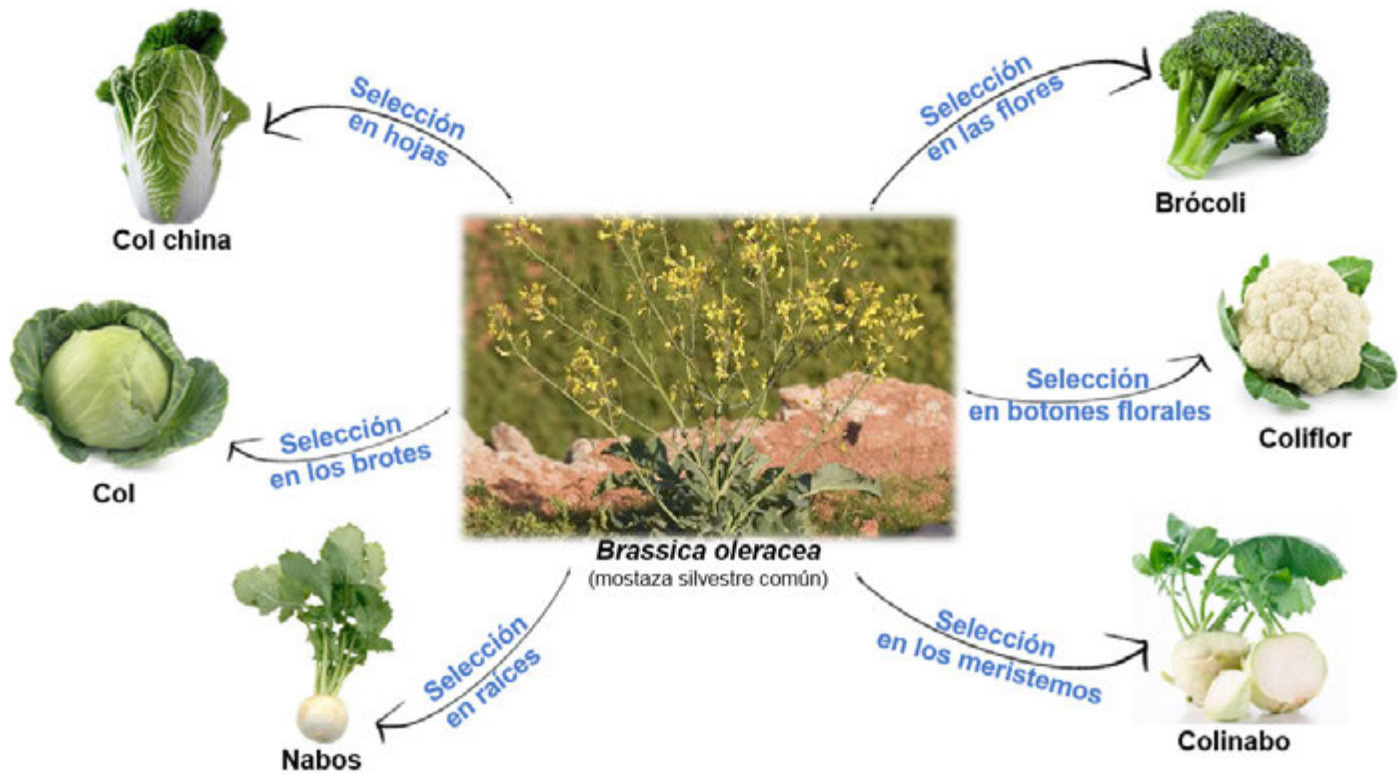


Figura 2. Cambios en la mostaza silvestre común (*Brassica oleracea*) a causa de la domesticación, y los distintos productos obtenidos de ésta. Fuente: elaboración propia.

❖ Un ejemplo de esto se encuentra en la familia Brassicaceae con la planta silvestre *Brassica oleracea* (fig. 2), la cual podemos encontrar en baldíos y pasa como una hierba común. Sin embargo, esta planta es el ancestro de 20 variedades de coles, brócolis y coliflores de las que podemos disfrutar hoy en la mesa.

❖ Otro caso muy conocido por los mexicanos, es el del maíz (*Zea mays*). Con base en evidencia genética, en 1939 se propuso que los teocintles son los ancestros directos del maíz. No obstante, éstos son morfológicamente diferentes (fig. 3). Por un lado, el teocintle tiene múltiples ramas con numerosas espigas (inflorescencias masculinas) y pequeñas mazorcas (inflorescencias femeninas), mientras que el maíz generalmente tiene un solo tallo, una espiga terminal y unas pocas ramas laterales sobre las cuales crecen las mazorcas. Las mazorcas del teocintle tienen entre 5 y 12 granos, en contraste, las de maíz pueden tener más de 500 granos. Otra característica que los distingue es que los granos del teocintle están encerrados en una cubierta que los protege contra patógenos y herbívoros, pero que también evita que puedan ser usados fácilmente por las personas. Gracias a la domesticación, esta última característica fue eliminándose

en el maíz y ahora podemos disfrutar de granos “desnudos” en las mazorcas y podemos consumirlos fácilmente (fig. 3).

### Y... ¿la domesticación sólo afecta la relación entre la planta y el ser humano?

Ante todos estos cambios que hemos creado en las plantas, podríamos decir que los humanos somos los únicos que los percibimos (finalmente, son para nuestro provecho). Sin embargo, las modificaciones que ocasionamos en las plantas también han llevado a que se modifiquen sus propiedades químicas. En conjunto, esto ha hecho que sus relaciones con los insectos que las consumen también cambien. Por ejemplo, la domesticación ha provocado que el maíz que consumimos actualmente y su ancestro sean afectados negativamente por diferentes especies de insectos herbívoros (fig. 4).

De forma natural, las plantas producen una gran variedad de defensas para contrarrestar a sus insectos herbívoros. Sin embargo, estas defensas tanto físicas como químicas pueden verse comprometidas por la crianza selectiva, ya que el síndrome de domesticación más común en las plantas engloba cambios en los metabolitos secundarios (ej.: la pérdida de compuestos que nos resultan amargos o tóxicos), seguido por cambios en su morfología. De hecho, un paradigma que se ha propuesto es que el proceso de domesticación afecta negativamente la cantidad de recursos que las plantas

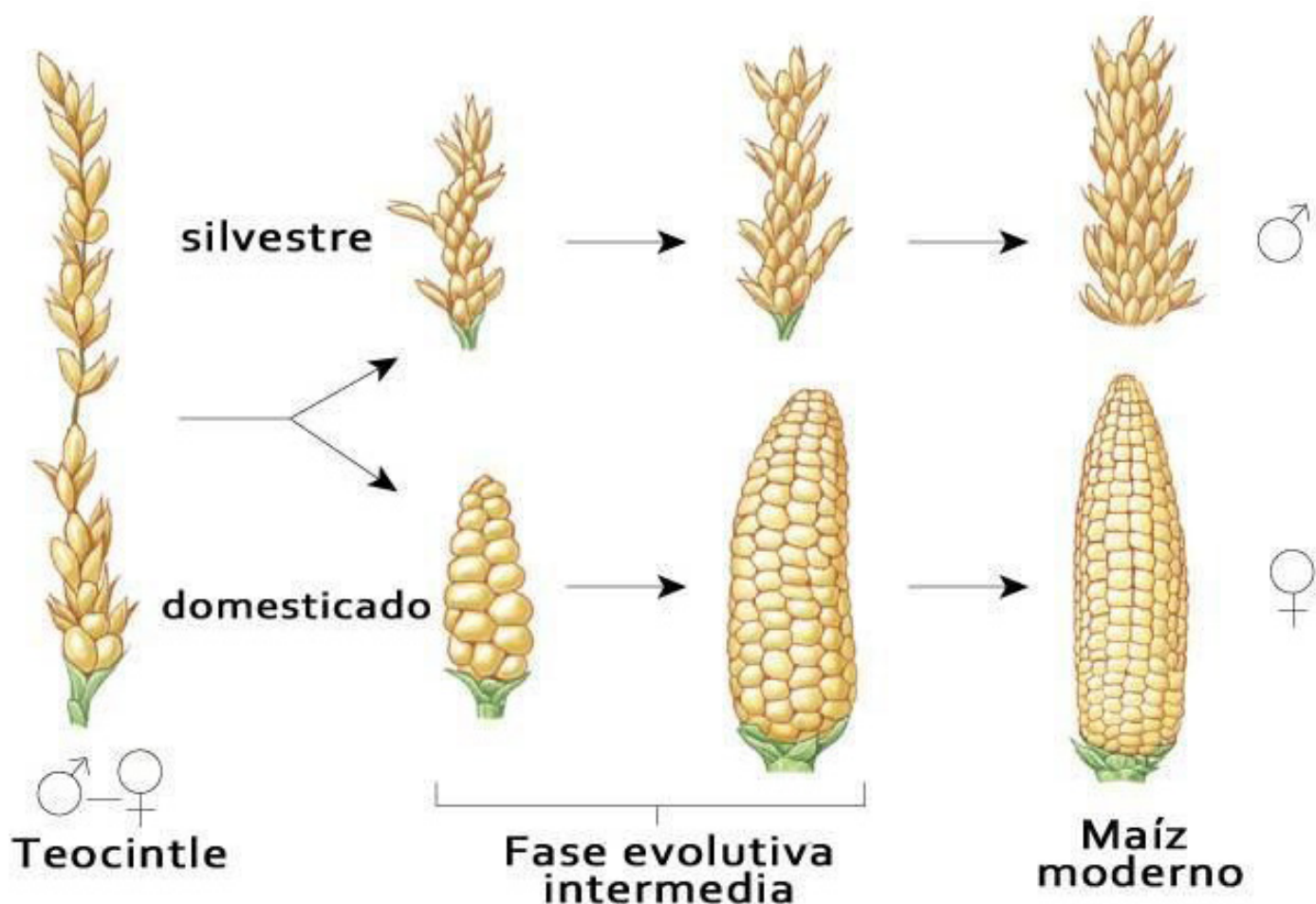


Figura 3. Contraste entre el teocintle (izquierda) y el maíz (derecha) que podemos encontrar actualmente. Autor: No definido.

pueden asignar para la defensa contra herbívoros y, por ende, ésta se reduce.

Recientemente, Turcotte y colaboradores (2014) propusieron tres explicaciones (no excluyentes), sobre la reducción de defensas en plantas domesticadas. Ellos mencionan que 1) muchas de las características defensivas son seleccionadas de forma negativa durante la domesticación, debido a que son tóxicas o de mal sabor para los humanos o el ganado; 2) dado que la domesticación incrementa el valor nutricional de la estructura que está sujeta a selección (raíz, fruto o semilla), el desempeño de los herbívoros será mayor, y 3) la asignación diferencial de recursos para defensa y reproducción trae como consecuencia una asignación asimétrica a una mayor producción a costa de los recursos asignados a la defensa vegetal.

Algo que es importante resaltar es que una gran parte de la investigación está enfocada al mejoramiento de los cultivos bajo distintas condiciones climáticas, así como a factores bióticos y abióticos que les generan estrés. Sin embargo, pocos programas de mejoramiento de cultivos han puesto énfasis en seleccionar caracteres que estén relacionados con la defensa en contra de sus insectos herbívoros.

### Pero ¿qué evidencia existe de esto y en qué afecta al ser humano que las plantas pierdan sus defensas?

De los grandes problemas que presentan los cultivos es, que, debido a la expansión del mercado internacional, hemos creado un caldo de cultivo para que muchas especies de insectos herbívoros se vuelvan plagas. Dentro de los factores que han favorecido el ataque de los insectos destacan: i) el reemplazo de policultivos por monocultivos los cuales servían de refugio para enemigos naturales de los herbívoros, ii) el uso de mayores áreas de suelo destinados a la agricultura para hacer cultivos extensivos, lo cual incrementa el recurso para los insectos herbívoros, iii) el uso excesivo de cultivos clonales o de una sola variedad (ej. el aguacate y el agave), los cuales pueden tener problemas a corto plazo debido a la baja variabilidad genética y iv) el uso desmedido de plaguicidas (aunque en algunos países ya se tienen políticas de regulación, en México no se tiene un control para su uso, lo cual favorece el incremento de la resistencia a éstos por parte de las plagas).

Existen estudios que han evaluado la susceptibilidad de las plantas domesticadas ante los insectos herbívoros. Un ejemplo es el frijol



ayocote (*Phaseolus coccineus*) y el gorgojo *Zabrotes subfasciatus* (fig. 5). Este insecto se alimenta de semillas del género *Phaseolus* a lo largo de Mesoamérica y es considerado como una de las plagas más importantes en cultivos y granos almacenados, en particular de los frijoles. El ayocote tiene su centro de origen en las montañas mexicanas, donde se concentra la alta diversidad de formas silvestres y domesticadas. En un estudio realizado por Betty Benrey y colaboradores (1997) con dos variedades cultivadas (*P. c. coccineus* y *P. c. darwinianus*) y una silvestre del acoyote (*P. c. formosus*), se encontró que los gorgojos fueron atraídos principalmente por las variedades cultivadas. También encontraron que estos insectos fueron más grandes, y que su tiempo de desarrollo fue más corto en estas variedades, en comparación con la silvestre. Otro caso de esto lo representa el maíz (*Zea mays* L.), pues se ha encontrado que los teocintles tiene mayor resistencia contra plagas, en comparación con las variedades cultivadas.

Actualmente, el poder entender como la domesticación ha modificado la fisiología y respuestas químicas de la planta es muy importante, ya que hay muy pocos programas de fitomejoramiento que incluyan el seleccionar caracteres de defensa y el conocer el "armamento" que podemos tener como reservorio en las variedades silvestres puede ayudar a que nuestras plantas no sean tan dañadas por los insectos plaga. Por otro lado, es importante señalar que los efectos de la domesticación sobre la interacción planta - insecto herbívoro no son

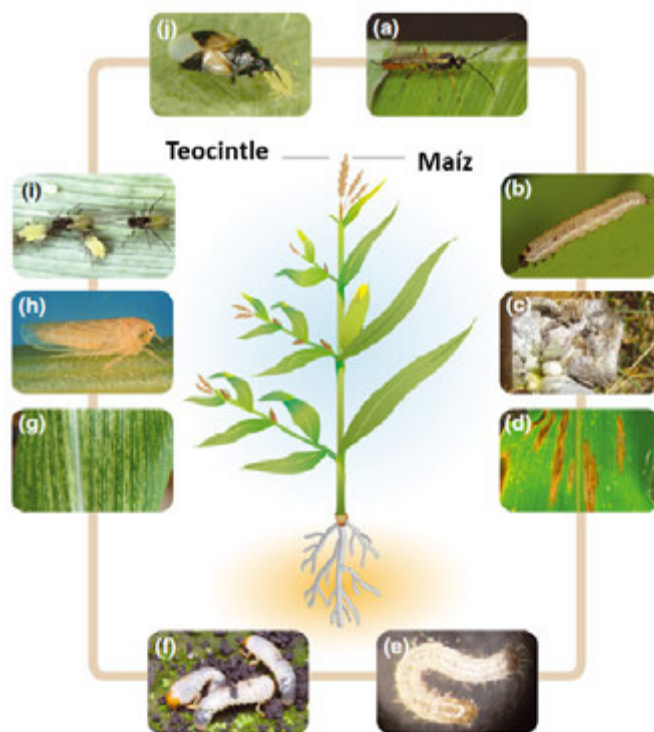


Figura 4. Insectos y patógenos asociados al teocintle (izquierda) y al maíz (derecha). a) *Campoplex sonorensis*, b) *Spodoptera frugiperda*, c) *Ustilago maydis*, d) *Setosphaeria turcica*, e) *Diabrotica* spp., f) *Phyllophaga* spp., g) Maize streak virus, h) *Dalbulus maidis*, i) *Rhopalosiphum maidis*, j) *Orius* spp. Imagen tomada y modificada de de Lange et al. (2014).

los mismos en todos los casos. Los efectos pueden depender de: 1) el modo de alimentación del insecto; por ejemplo, están los masticadores (larvas de mariposas o los chapulines), y los picadores-succionadores (como los pulgones y chinches) 2) la estructura de la planta sujeta a selección (si se trata de hojas, raíces o semillas) y 3) el grado de especialización del insecto (es decir, si se alimenta de una sola planta o de una gran variedad).



Figura 5. La interacción entre el acoyote (*Phaseolus coccineus*) y el coleóptero *Zabrotes subfasciatus* es uno de los casos en los que se ha encontrado que la domesticación de la planta afecta positivamente el desempeño de su herbívoro. Fuente: elaboración propia.

Indudablemente la domesticación de plantas ha sido un proceso que ha marcado el inicio y desarrollo de los asentamientos humanos. No obstante, si deseamos seguir disfrutando de sus beneficios debemos ser conscientes de que los cambios en las plantas van de la mano con la expresión e intensidad de sus de-

fensas químicas, así como con las interacciones con sus insectos herbívoros, lo cual a largo plazo puede llegar a comprometer el rendimiento del cultivo. Por esto, es importante profundizar en el estudio de dichas interacciones para poder desarrollar programas de mejoramiento de cultivos que permitan superar ese desafío.



**Johnattan Hernández Cumplido** es biólogo egresado de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, con estudios de Maestría en Ecología en el Instituto de Ecología (UNAM) y Doctorado en Entomología en la Universite de Neuchatel, Suiza. Des-

de 2017, es profesor asociado al departamento de Ecología y Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias (UNAM). Una de sus principales líneas de investigación, es el estudio del efecto de la domesticación de las plantas sobre sus interacciones con las comunidades de insectos, teniendo como modelo de estudio tanto el aguacate (*Persea americana*) como las pitayas (*Stenocereus queretaroensis*). Además, trabaja con efectos del dioicismo de plantas de interés económico, en las interacciones entre plantas y los insectos.

**Johnattanhddez@ciencias.unam.mx**



**Paulina Corona Tejada** es bióloga egresada de la Facultad de Ciencias (UNAM) y actualmente es estudiante de la maestría en Ciencias Biológicas del IIES (Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad), UNAM campus Morelia  
**pauliinact@gmail.com**

## Saber Más

Benrey, B., Callejas A., Rios L., Oyama K. y Denno R.F. (1998). The effects of domestication of *Brassica* and *Phaseolus* on the interaction between phytophagous insects and parasitoids. *Biological Control*, 11:130-140.

[https://ac.els-cdn.com/S1049964497905909/1-s2.0-S1049964497905909-main.pdf?\\_tid=7612bfa9-bf7a-4d43-ba9f-1d18ed2901df&acdna-t=1533067384\\_2c38d5953b9457321c67254c94df7373](https://ac.els-cdn.com/S1049964497905909/1-s2.0-S1049964497905909-main.pdf?_tid=7612bfa9-bf7a-4d43-ba9f-1d18ed2901df&acdna-t=1533067384_2c38d5953b9457321c67254c94df7373)

Bautista-Lozada, A., Parra-Rondinel F. y Espinosa-García F.J. (2012). Efectos de la domesticación de plantas en la diversidad fitoquímica. En: J. C. Rojas y E. A. Malo (eds.). *Temas Selectos en Ecología Química de Insectos*. El Colegio de la Frontera Sur. México. pp:253-267.  
[https://www.researchgate.net/publication/233408389\\_Efectos\\_de\\_la\\_Domesticacion\\_de\\_Plantas\\_en\\_la\\_Diversidad\\_Fitoquimica](https://www.researchgate.net/publication/233408389_Efectos_de_la_Domesticacion_de_Plantas_en_la_Diversidad_Fitoquimica)

de Lange, E.S., Balmer D., Mauch-Mani B. y Turlings T.C.J. (2014). Insect and pathogen attack and resistance in maize and its wild ancestors, the teosintes. *New Phytologist*,

204:329-341.  
<https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/nph.13005>

Doebley, J.F., Gaut B.S. y Smith B.D. (2006). The molecular genetics of crop domestication. *Cell*, 127:1309-1321.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0092867406015923?via%3Dihub>

Turcotte, M., Turley N.E. y Johnson M.T.J. (2014). The impact of domestication on resistance to two generalist herbivores across 29 independent domestication events. *New Phytologist*, 204:671-681.  
<https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/nph.12935>

Zulueta-Rodríguez R., Lara-Capistrán L. y Trejo-Aguilar D. (2011). Aprovechamiento de plantas y animales en Mesoamérica: la domesticación de especies.  
<https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol24num1/articulos/mesoamerica/>

# ARTÍCULO

## La hidrólisis del almidón: Una necesidad en la industria

Mayra Fernanda Amaya Lucio y Juan Carlos González-Hernández



Desde el punto de vista químico, el almidón es un polisacárido formado de largas cadenas de moléculas de glucosa, que corresponde al grupo de los carbohidratos. Las cadenas lineales son denominadas amilosa y las ramificadas, amilopectina. Es uno de los carbohidratos más importantes ya que ha formado parte fundamental de la dieta del hombre desde hace miles de años. Es el componente principal de muchos productos agrícolas como el maíz, la papa, el arroz y el trigo, en los que se deposita como material de reserva de energía en forma de gránulos insolubles en agua fría.

También es el principal constituyente de los productos de panadería y es añadido a otros alimentos por su funcionalidad como espesante, gelificante, estabilizante y como sustituto de grasa. Además de esto, se le ha dado un gran número de usos industriales por lo que se considera después de la celulosa, el polisacárido más importante desde el punto de vista comercial.

**Productos del almidón**

*Mayra Fernanda Amaya Lucio ([amayaferranda93@hotmail.com](mailto:amayaferranda93@hotmail.com)) y Juan Carlos González-Hernández ([jcgh1974@yahoo.com](mailto:jcgh1974@yahoo.com)) son investigadores del Laboratorio de Bioquímica del Instituto Tecnológico de Morelia-Tecnológico Nacional de México.*



Al fragmentar el almidón en sus componentes, es posible obtener derivados como lo son las dextrinas, los jarabes fructosados, la maltosa y la glucosa. Estos subproductos son ampliamente utilizados en la industria, especialmente la alimentaria, para la producción de un sin número de productos como lo son las bebidas gaseosas, dulces, carnes, helados, salsas, alimentos infantiles, frutas enlatadas, por sólo mencionar algunos.

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y el Instituto de Investigación para el Desarrollo Tropical (Tropical Development Research Institute) de Inglaterra, en 2018, de 604 millones de toneladas de maíz producidas, correspondientes a un 6% de la producción mundial, se extrajeron 35 millones de toneladas de almidón, con las cuales sólo en los Estados Unidos de América fueron producidos 8 millones de toneladas de jarabes fructosados y 3.5 millones de toneladas de glucosa.

Otro tipo de productos generados a partir del almidón son los almidones modificados. Para obtenerlos, el almidón es sometido a procedimientos físicos, químicos o enzimáticos con el objetivo de modificar sus propiedades fisicoquímicas. El almidón modificado tiene prácticamente las mismas aplicaciones que el almidón normal pero algunas características mejoran y por eso es un aditivo alimentario muy utilizado, sobre todo como espesante, aglutinante, emulgente y estabilizador. La lista de usos del almidón modificado y derivados del almidón es extensa y varía desde el sector alimentario hasta el papelería y farmacéutico.

#### La tendencia de los almidones modificados

Algunas características del almidón son muy útiles en la industria alimentaria, destacando su capacidad de formación de geles, por lo que es un buen espesante, emulgente y estabilizador, propiedades que se aprovechan en la fabricación de diversos productos alimentarios para mejorar su apariencia, consistencia, textura o comportamiento a los cambios de temperatura.

Sin embargo, estas propiedades son muy sensibles a factores externos, por ejemplo, a cambios en la temperatura y al pH, por lo que la capacidad espesante y de formación de geles eficientes se ve limitada. El almidón modificado corrige estos problemas y mejora las propiedades del almidón como aditivo alimentario.

Por dichas propiedades y su eficiente funcionalidad, el uso de almidones modificados es un tema en tendencia dentro de la industria, no solo en la alimenticia, sino también en la papelería, textil, de detergentes y farmacéutica. Además, en la actualidad, el mercado del almidón modificado está impulsado por un incremento en la demanda de alimentos y bebidas funcionales, por la concienciación acerca de sus beneficios a la salud.

Para este año, se estima un mercado mundial de almidón modificado de 10.35 mil millones de dólares y prevé que alcance un valor de 12.67 mil millones de dólares para 2023, a una tasa compuesta anual del 4.1%.

#### El proceso de hidrólisis del almidón

Para obtener tanto almidón modificado como otros derivados del almidón, se parte de almidón nativo y se somete a uno o varios procedimientos físicos, químicos o enzimáticos, siendo estos últi-

mos los más destacados, ya que ofrecen varias ventajas frente a otros métodos como beneficios económicos, energéticos y ambientales. Para llevar a cabo la conversión del almidón mediante métodos enzimáticos, se utilizan proteínas con actividad específica que son capaces de romper los enlaces que lo mantienen unido, mediante el proceso denominado hidrólisis, con el que el polisacárido se fracciona en cadenas menores.

Unas de estas proteínas se denominan enzimas alfa ( $\alpha$ ) amilasas y pueden ser excretadas por bacterias y hongos. Dichas enzimas, cumplen la función de dividir el almidón en moléculas más sencillas, así como de modificar su estructura. Sin embargo, debido a que las enzimas son proteínas y éstas son sensibles al calor, pueden perder su función al utilizarse en procesos que requieran temperaturas altas. Tal es el caso de aquellos relacionados a la producción de los derivados del almidón y almidones modificados, los cuales se llevan a cabo a temperaturas superiores a los 70°C.

No obstante, existen alfa amilasas que resisten altas temperaturas (mayores a los 40°C), las que son capaces de llevar a cabo su función de conversión del almidón en condiciones de calor extremo. Estas útiles enzimas son producidas por algunas bacterias que habitan en zonas muy calientes (como géiseres y zonas volcánicas) cuyo metabolismo natural les permite producir alfa amilasas resistentes a temperaturas altas.

### La necesidad de alternativas en la producción de enzimas que hidrolizan el almidón

El incremento de la demanda en el mercado de los derivados del almidón y almidones modificados, requiere de nuevas alternativas para sus procesos de producción industrial. La alternativa que representa el uso de enzimas alfa amilasa termo resistentes en los métodos enzimáticos brinda mayores beneficios con respecto a otro tipo de métodos químicos que pueden resultar más contaminantes y costosos, contribuyendo así a una mayor productividad y el desarrollo de la industria.

El consumo de enzimas  $\alpha$ -amilasa en la indus-

tria es proporcional a la manufactura de productos derivados del almidón y/o que requieren hidrólisis del almidón como parte de sus procesos, registrando anualmente mercados de hasta 60 millones de dólares. En este sentido, uno de los ejes de desarrollo lo constituye la posibilidad de obtener enzimas con nuevas o mejoradas propiedades de acuerdo con las necesidades del proceso o del producto, como es el caso de aquellos en los que se involucra la hidrólisis del almidón a altas temperaturas.

Por otra parte, es importante recalcar que el mercado de enzimas en México se ve reducido a pocas empresas productoras. Dada la poca producción y la elevada demanda, los consumidores de enzimas se ven obligados a importar este producto de otros países. Esto representa un área de oportunidad para el desarrollo de productos biotecnológicos en el país por lo que resulta interesante proponer fuentes alternativas de enzimas con amplia aplicación industrial.

### Obtención de enzimas alfa amilasas termorresistentes

El estudio sobre la obtención y el uso de estas enzimas a partir de microorganismos termófilos ha captado el interés de la comunidad científica desde la década de 1960, buscando las especies mejor adaptadas para su producción en grandes masas. Un ejemplo recientemente es la investigación para el estudio y obtención de este tipo de enzimas con el aislamiento de bacterias de la región de "Los Azufres", Michoacán, como *Bacillus cereus* y *Bacillus thuringiensis*, las que han demostrado ser resistentes a temperaturas superiores a los 60°C y que han presentado capacidades destacables de hidrólisis del almidón.

Sin duda, el horizonte de las enzimas termo resistentes son un aspecto de interés industrial y de desarrollo económico que requiere de la búsqueda de nuevas fuentes de obtención y optimización en cuanto a su producción, sobresaliendo aquellas de origen microbiano que habitan en ambientes extremos.



Badui S. 1996. Química de los Alimentos. 3ªed. Alhambra Mexicana pp. 25-31, 104-105. [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Libro-Badui2006\\_26571.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Libro-Badui2006_26571.pdf)  
Modified starches. Official specification. Prepared at the 49th JECFA (1997) superseding specifications, published in FNP 49 (1990). <http://www.fao.org/docrep/w6355e/w6355e00.htm>

Vargas A. y Silver L. 2002. Selección y evaluación de bacterias del género *Bacillus* productoras de amilasa en cultivo sumergido. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Tesis de maestría). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Salud/vargas\\_as/Antec\\_Fund\\_Cientif.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Salud/vargas_as/Antec_Fund_Cientif.pdf)

# ARTÍCULO

## Hongos y mezcal

Luz del Carmen Ornelas Hernández y Juan Carlos González-Hernández



**E**n Michoacán (México), gran parte de las fermentaciones para la producción de mezcal se realizan bajo condiciones naturales, es decir son fermentaciones espontáneas.

La producción de mezcal, siendo éste un producto cubierto bajo la ley de denominación de origen, se ve en la necesidad de cumplir una serie de lineamientos, entre los más destacables están la composición y los tipos de organismos que interactúan para su elaboración.

### El mezcal

“Mezcal” es el nombre genérico que viene del náhuatl *mexcalli* que significa agave horneado, es el nombre aplicado a la bebida alcohólica destilada producida en muchas áreas rurales de México, que se obtiene generalmente por procesos artesanales, así como también por procesos tecnificados, que incluyen las siguientes etapas de producción:

*Luz del Carmen Ornelas Hernández y Juan Carlos González-Hernández son investigadores del Laboratorio de Bioquímica del Instituto Tecnológico de Morelia-Tecnológico Nacional de México.  
lcornelas@yahoo.com / jcgh1974@yahoo.com*

- La selección y corte de la materia prima
- La cocción del agave (*Agave cupreata*, una de las plantas más utilizada en nuestro estado para la producción de mezcal).
- La molienda del mosto
- La fermentación del jugo fructosado (realizado por hongos y bacterias)
- La destilación
- La rectificación y la maduración del destilado.

La fermentación realizada por los hongos y bacterias es uno de los eventos del proceso de elaboración de mezcal, que tienen el potencial de afectar la calidad sensorial y química del producto final, así como sus rendimientos.

En Michoacán, distintas localidades cuentan con la llamada denominación de origen con referencia al mezcal, estas localidades son: Acuitzio, Aguililla, Ario de Rosales, Buenavista, Charo, Chinicuila, Coalcomán de Vázquez Pallares, Cotija, Cojumatlán de Régules, Erongarícuaro, La Huacana, Tacámbaro, Turicato, Tzitzio, Hidalgo, Salvador Escalante, Morelia, Madero, Queréndaro, Indaparapeo, Tarímbaro, Tancítaro, Los Reyes, Tepalcatepec, Sahuayo, Marcos Castellanos, Jiquilpan, Venustiano Carranza y Vista Hermosa.

### Hongos

Los hongos constituyen un grupo muy numeroso de organismos que presentan una amplia distribución en la naturaleza, contribuyen a la descomposición de la materia orgánica y participan en los ciclos biológicos. El reino de los hongos está conformado por organismos eucariotas, heterótrofos que poseen diversidad de estructuras, funciones, formas de crecimiento y estilos de vida; sus más de 1.5 millones de miembros impactan de forma positiva o negativa a todas las formas de vida existentes y, por lo tanto, a todos los ecosistemas. Los

hongos son organismos que presentan cualidades únicas entre todos los seres vivos. Estas capacidades generan un impacto perjudicial o benéfico en la actividad humana debido a su utilización en varios puntos importantes en la historia. En plantas y animales, ocasionan enfermedades, constituyendo un reto constante en las áreas de investigación, diagnóstico, tratamiento y control.

Sin embargo, algunos de estos organismos son empleados en la elaboración de alimentos o en la producción de antibióticos. Es por todo esto que los hongos han desarrollado un papel importante en el desarrollo y crecimiento humano.

### Levaduras

Dentro de la gran clasificación de hongos que existen, las levaduras que son hongos que crecen generalmente por gemación, en forma de agregados sueltos de células independientes, que pueden ser globosas, ovoides, cilíndricas o alargadas. En algunos casos, forman cadenas de células alargadas. No todos los hongos de este tipo son patógenos, las levaduras que se emplean en la elaboración de pan y bebidas alcohólicas como vino y cerveza no lo son y se utilizan por su función primordial en las fermentaciones.

### Fermentación

Algunas levaduras poseen la capacidad de producir etanol bajo distintas condiciones operativas y nutricionales durante la fermentación, mostrando distintos rendimientos en la producción de biomasa y etanol. La fermentación del jugo de agave (o mostos), es un proceso bioquímico complejo, en el que intervienen e interaccionan estos hongos, bacterias y otros microorganismos. Entre todos ellos, las levaduras son clave y principalmente son las responsables de la fermentación alcohólica, la principal reacción en la conversión de los azúcares del jugo de agave en mezcal (etanol).



## Los microorganismos y la calidad del mezcal

Las bebidas alcohólicas como el mezcal presentan una amplia variabilidad en su composición química y propiedades sensoriales, esto como resultado del inmenso número de microorganismos que pueden participar en el proceso de fermentación (natural o espontánea), así como de otros factores que influ-



yen en el proceso de elaboración. Existe además escasa información sobre el análisis de bebidas artesanales como el mezcal, la poca información disponible es un importante antecedente de los logros y avances que se han realizado y que comenzarán a surgir en esta área de investigación como resultado de la actual y creciente demanda de este tipo de bebidas y de su regulación para llevar al mercado nacional e internacional un producto de calidad.

Es importante reconocer todos los componentes mayoritarios y minoritarios que son producidos por los hongos y/o bacterias presentes en el proceso de fermentación, ya que éstos confieren una huella distintiva de cada mezcal, derivado de una propia planta de un agave, de una región, de un procesamiento. Ésto puede permitir elucidar pruebas de autenticidad y diferenciación de las distintas zonas mezcaleras.

Por este motivo es de vital importancia conocer, estudiar los compuestos que constituyen el mapa químico de cada mezcal, los microorganismos de los que derivan estos compuestos, el tipo de agave utilizado y el proceso local empleado en su elaboración para así tener el conocimiento ne-

cesario que permita caracterizar apropiadamente los diferentes mezcales producidos en México. Es importante por ello, que la producción de mezcal se realice mediante bioprocesos controlados, lo cual exige cambios en la toda la cadena productiva de su elaboración y en la adopción de nuevas innovaciones científicas y tecnológicas para su comercialización.

### ¿Qué investigaciones hay al respecto?

En nuestro grupo de investigación, estudiamos la diversidad microbiana presente en los caldos de fermentación de jugo de agave para la optimización y producción de mezcal, entre los que destacan hongos y bacterias recolectados directamente de las fermentaciones de mezcal, específicamente de ciertas regiones de Michoacán. Lo anterior lo realizamos para conocer la diversidad microbiana presente en los procesos de fermentación y saber de qué forma, éstos contribuyen en el proceso artesanal característico de nuestra región con denominación de origen.

Nosotros hemos comenzado ya hace algunos años la caracterización molecular, bioquímica y el estudio de las capacidades fermentativas de diversas levaduras aisladas de fermentaciones espontáneas a nivel matraz y biorreactor (Figura superior), con la intención de conocer sus capacidades fermentativas y la producción de metabolitos que confieren características de olor, sabor propias de cada región productora de mezcal artesanal.

SaberMás

Cuevas Moreno, J.A. (2016). Los hongos: héroes y villanos de la prosperidad humana. *Rev. Digital Univ.*, 17(9): 1-10. <http://www.revista.unam.mx/vol.17/num9/art69/>

Damián-Robles, R.M. (2012). Aislamiento, caracterización molecular y bioquímica del consorcio microbiano asociado a la fermentación alcohólica para la producción de mezcal en Michoacán. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Facultad de Químico Farmacobiología de la UMSNH.

Pérez-Hernández, E., Chávez-Parga Ma.C., González-Hernández J.C. (2016). Review of agave and mezcal. *Rev. Colomb. Biotecnol.*, XVIII(1):148-164.

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/49552/56259>.

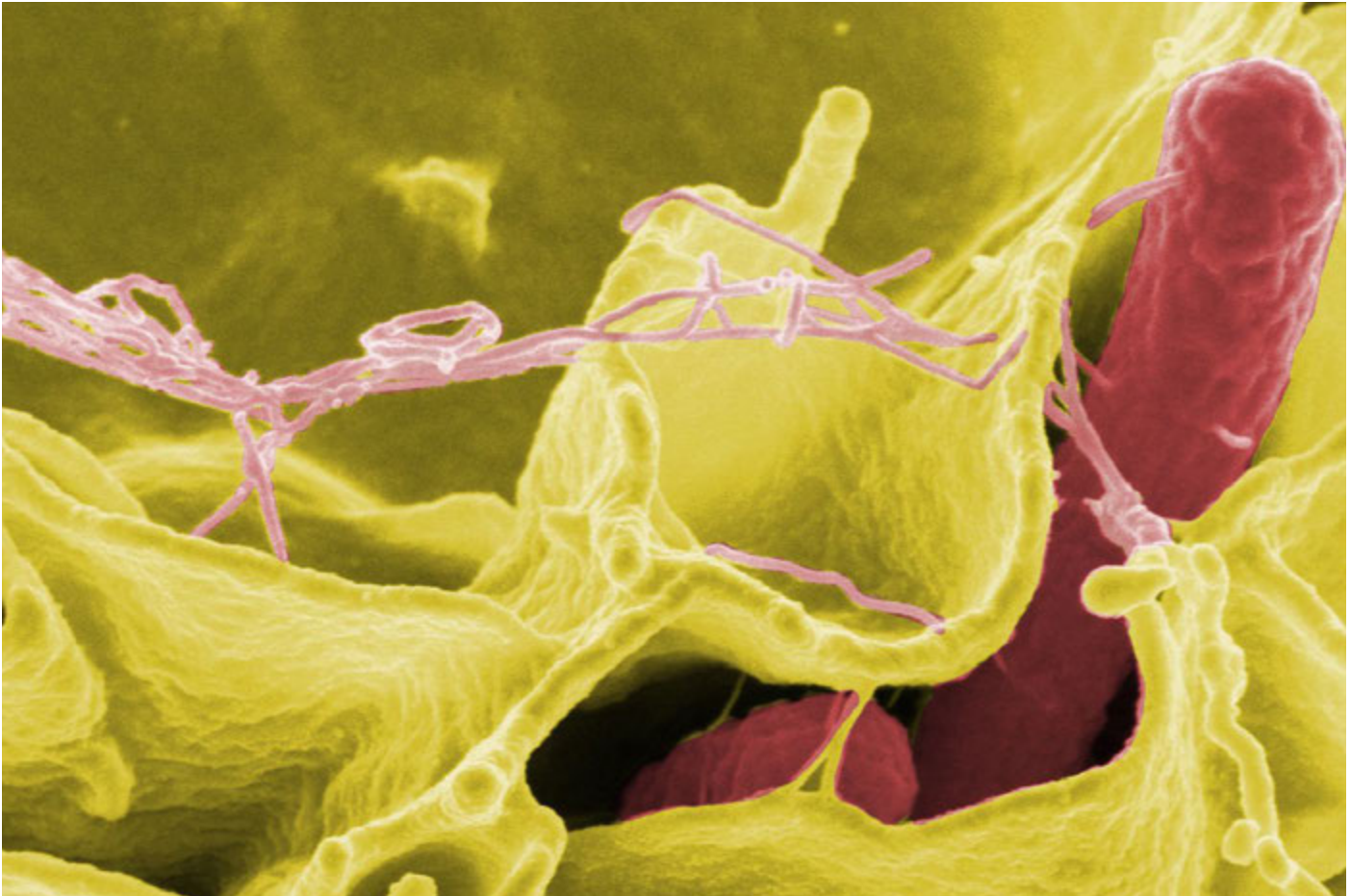
Torija, M.M.J. (2002). Ecología de levaduras: Selección y adaptación a fermentaciones vínicas. Tesis de Doctorado en Bioquímica, Universidad Pública de Tarragona, España.



# ARTÍCULO

## Hongos: los inquilinos de nuestro cuerpo

Marco Iván Valle Maldonado y Víctor Meza-Carmen



Nuestro cuerpo es el hogar de numerosos organismos microscópicos (microorganismos), de los que muchos de ellos participan en la conservación de nuestra salud. A esta diversidad de microorganismos presentes en nosotros, se le denomina **microbiota**, parte de ella está compuesta por una gran comunidad de hongos, que es denominada **micobiota**.

### ¿Qué es la microbiota?

Seguramente alguna vez has estado solo(a) en casa viendo una película de terror, y has sentido miedo porque no hay alguien cerca. Pero no estás solo(a), en ti vive una inmensa comunidad de organismos. Tu cuerpo posee una gran cantidad de inquilinos que por ser muy pequeños es imposible verlos a simple vista. Se trata de organismos microscópicos conocidos en general como microorganismos, dentro de los cuales tenemos a las bacterias, hongos, parásitos y virus y a toda esta colectividad se le conoce como **microbiota**.

**Marco Iván Valle Maldonado** es estudiante del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas, especialidad en Biología Experimental  
[marco.valle.mx@gmail.com](mailto:marco.valle.mx@gmail.com)

**D.C. Víctor Meza-Carmen** es profesor e investigador, responsable del Laboratorio de Diferenciación Celular, ambos del Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.  
[victor\\_meza2004@yahoo.com.mx](mailto:victor_meza2004@yahoo.com.mx)

Esta palabra tiene su origen en los vocablos griegos "mikros" que quiere decir pequeño y "biota" que quiere decir conjunto de seres vivos. Los microorganismos nacen, se alimentan, crecen, se reproducen y mueren dentro del cuerpo. Estos microorganismos podemos encontrarlos en nuestra piel, cabello, cavidades bucales, nasales y en los sistemas digestivos, respiratorios y urinarios.

La mayoría de estos organismos viven en nosotros sin afectar nuestra salud, incluso nos protegen de la invasión de microorganismos causantes de enfermedades conocidos como patógenos. Sin embargo, en ciertas condiciones algunos miembros de esta microbiota, pueden causarnos infecciones.

### ¿Por qué es importante la microbiota?

La función de la microbiota en la salud humana ha tomado mucha relevancia en los últimos años, especialmente la microbiota intestinal, debido a que múltiples reportes demuestran que el mal funcionamiento del intestino se asocia con el inicio de enfermedades del corazón, pulmonares, intestinales, del sistema circulatorio e incluso, la diabetes. En particular la microbiota afecta la absorción de los alimentos, modulando la digestión de los azúcares y las grasas, lo que ha sido relacionado con la obesidad. Además, estos microorganismos participan en procesos tan cotidianos como es la regulación de la sensación del hambre. Aunque pareciera tomado de una historia de ciencia ficción, se ha comprobado que la microbiota del intestino puede controlar nuestro humor y nuestra capacidad de sentir estrés o sueño.

**Y esto ¿de qué manera lo hacen?** Los microorganismos liberan sustancias que tienen la capacidad de regular actividades del sistema nervioso central. Varias de estas sustancias ya han sido identificadas por científicos, como es la serotonina, la cual regula el estado de ánimo y se le conoce como la sustancia de la felicidad. Entre los diversos inquilinos de nuestro cuerpo, están los hongos que componen la microbiota, que también son parte fundamental de la salud de nuestro organismo.

### ¿Qué es la micobiota?

Seguramente has visto hongos, éstos que

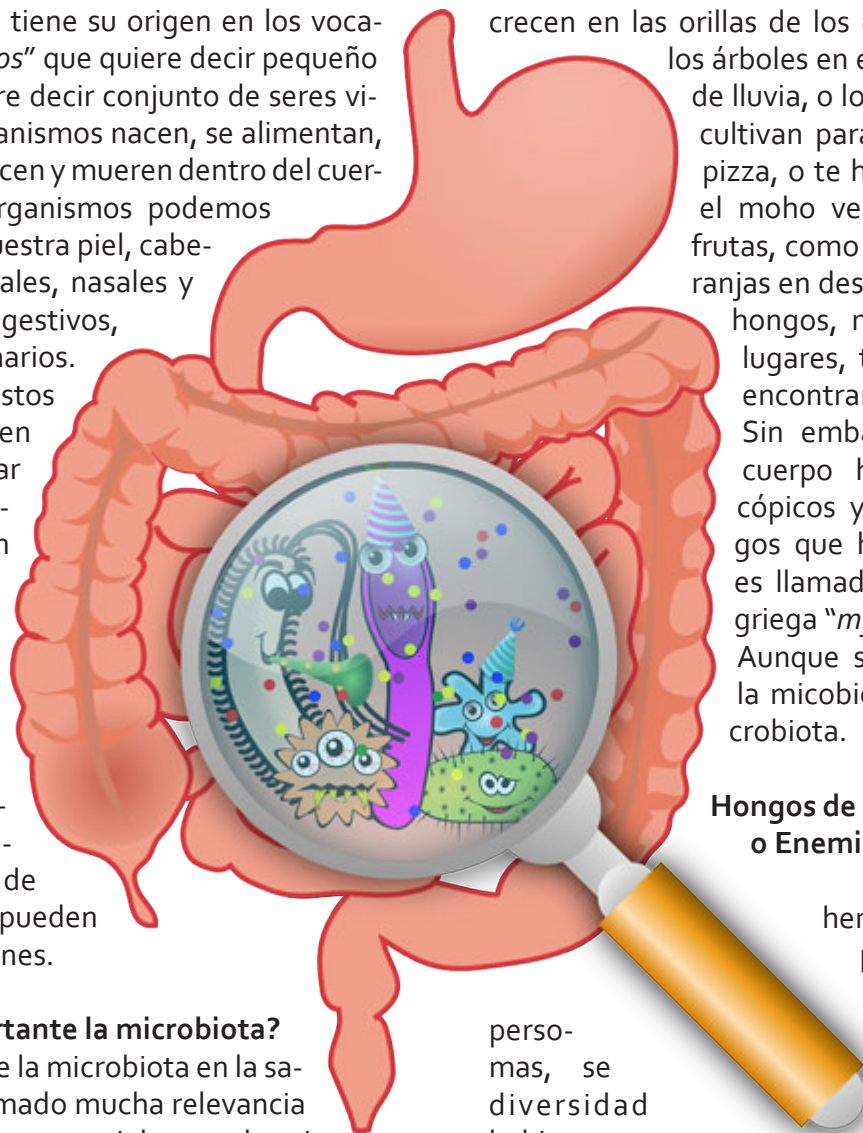
crecen en las orillas de los caminos o troncos de los árboles en el bosque en el tiempo de lluvia, o los champiñones que se cultivan para acompañar una rica pizza, o te ha llamado la atención el moho verde que crece en las frutas, como en las cáscaras de naranjas en descomposición. Pues los hongos, no solo viven en esos lugares, también los podemos encontrar en nuestro cuerpo. Sin embargo, los hongos del cuerpo humano son microscópicos y el conjunto de hongos que habitan en un cuerpo es llamado **micobiota** (palabra griega "mykos" significa hongo). Aunque suene a trabalenguas, la micobiota es parte de la microbiota.

### Hongos de la micobiota ¿Amigos o Enemigos?

Con los avances en las herramientas actuales para analizar la diversidad de hongos en personas sanas y enfermas, se ha identificado la diversidad de hongos que habitan en nuestros cuerpos. Los hongos del género *Malassezia* se han encontrado recurrentemente en los pulmones de pacientes que padecen una enfermedad conocida como fibrosis quística y en personas con asma, pero no en personas sanas; adicionalmente, se ha demostrado que la presencia en el tracto respiratorio de cierto tipo de hongos como *Aspergillus fumigatus* que está relacionado con enfermedades respiratorias más severas; la presencia de otros hongos se ha relacionado directamente como importante en la salud de nuestro hígado.

También, se ha observado que en personas que presentan un abuso por varios años en el consumo de bebidas alcohólicas, la diversidad de hongos disminuye en el intestino, y este alto consumo de alcohol desencadena la liberación de sustancias en los hongos que allí habitan, que entran al sistema circulatorio humano. Algunas de estas sustancias ocasionan una respuesta inflamatoria, lo que contribuye al deterioro de la función celular del hígado y de otros órganos. Por lo tanto, se ha propuesto que la manipulación de la micobiota intestinal podría ser una estrategia efectiva para atenuar la enfermedad hepática derivada del consumo de alcohol.

Recientemente, la micobiota intestinal ha recibido atención ya que podría ser un reservorio de patógenos oportunistas (microorganismos que



son capaces de provocar una infección en pacientes cuyo sistema inmune está debilitado o inmunocomprometido), que están esperando condiciones para provocar infecciones. Ejemplificando, se conoce el caso del hongo *Candida albicans*, que habita normalmente en mucosas (boca, tracto vaginal), pero se ha reportado como un patógeno oportunista en numerosas ocasiones. De manera muy sencilla podríamos entender a este tipo de hongos como nuestros "amigos" en algunas circunstancias o "enemigos" en otros momentos, dependiendo de nuestro estado de salud.

El estudio de los factores que regulan el cambio de ser nuestros aliados a convertirse en nuestros enemigos ha tomado mucha importancia por los científicos en todo el mundo.

### Los hongos pueden ser aliados o enemigos de nuestra salud

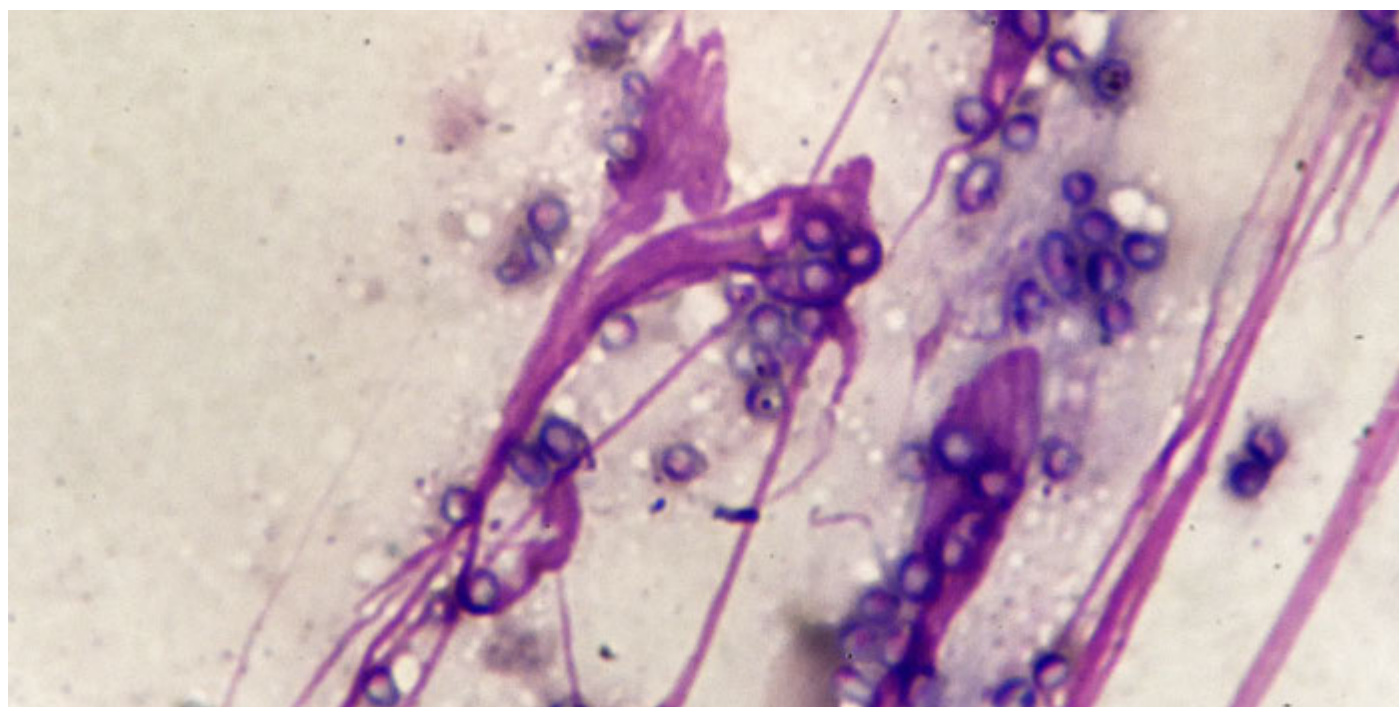
#### Nuestro peso ¿controlado por la microbiota?

Seguramente conoces a alguna persona con algunos kilos de más. Al inicio explicamos que los hongos que viven en nuestro sistema digestivo, pueden participar en el control de la absorción de

nutrientes, lo que tiene como consecuencia la modulación de nuestra hambre y peso. Siguiendo en el mismo tema, se ha descrito que existen grupos específicos de hongos que preferentemente habitan en las personas delgadas, y en muy poca proporción en personas con sobrepeso. Algunos de éstos son *Mucor racemosus* y *Mucor fuscus*, por lo que se ha sugerido la administración de este tipo de hongos como una estrategia más para el tratamiento contra la obesidad.

#### Hongos que destruyen gusanos

Queremos acabar este texto con un final feliz, se ha encontrado que varios hongos pueden generar la muerte de ciertos gusanos causantes de enfermedades en el intestino o hígado. Un ejemplo es el hongo *Paecilomyces lilacinus* que destruye quistes de *Fasciola hepatica*, parásito responsable de la enfermedad conocida como fascioliasis. El potencial uso biotecnológico de hongos en el control de parasitosis en animales de granja e incluso en el ser humano es muy interesante, y es probable que no sea lejano el día en que como parte de un tratamiento contra parásitos se empleen algunos hongos o subproductos de los mismos.



Saber Más 

Brunser-Tesarschu, O. (2013). El desarrollo de la microbiota intestinal humana, el concepto de probiótico y su relación con la salud humana. *Revista Chilena de Nutrición*, 40(3):283-284. <http://www.redalyc.org/pdf/469/46929282011.pdf>

Coluccio-Leskow, F. (2014). Entrañables microbios. *Ciencia Hoy En Línea*, 24(140):58-59. <http://cienciahoy.org.ar/2014/08/entranables-microbios/>

<http://www.redalyc.org/pdf/469/46929282011.pdf>

Icaza-Chávez, M.E. (2013). Microbiota intestinal en la salud y en la enfermedad. *Revista de Gastroenterología de México*, 78(4):201-202. Retrieved from <http://www.revistagastroenterologiamexico.org/es-microbiota-intestinal-salud-enfermedad-articulo-So375090613001468>

## ARTÍCULO

### Las últimas gotas de miel

Fernando Araujo-Mondragón y Rosario Redonda-Martínez



*Fernando Araujo-Mondragón, Apicultor y Pasante de Ingeniería Ambiental del Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro  
algien56o@gmail.com*

*D. en C. Rosario Redonda-Martínez es Investigador titular del Instituto de Ecología, A.C. Red de Diversidad Biológica del Occidente Mexicano, Centro Regional del Bajío  
r.redonda.martinez@gmail.com*

**E**n años recientes se ha detonado una preocupación en varias regiones del mundo debido al excesivo uso de plaguicidas que ha cobrado la vida de millones de abejas a lo largo y ancho del planeta.

Sin embargo, éstas no mueren solamente por el uso de agroquímicos, sino también por otros factores como son, la destrucción de sus recursos alimenticios, el cambio climático, la gente las mata intencionalmente porque teme a ser atacada por ellas, además del mal manejo que realizan algunos apicultores, y que muchas veces propicia la dispersión de enfermedades y sobreexplotación de las colmenas.

Es importante resaltar que las abejas son vitales para cumplir con los procesos de polinización en diversas especies vegetales, lo cual conlleva además de la importancia en la producción de frutos y semillas, el mantenimiento del flujo y variación genética entre las poblaciones de una misma especie.

Si bien es cierto que la polinización también ocurre por factores abióticos (viento y agua), la participación de distintas especies animales entre las que destacan aves, murciélagos e insectos, entre ellos las abejas, es por demás importante en el proceso de polinización cruzada. Ésta consiste en el transporte de los granos de polen producidos en las anteras de una flor, al estigma de otra flor de la misma especie, pero en un individuo distinto del que produjo el polen. Para lograr exitosamente este proceso, las plantas atraen a los polinizadores mediante olores y colores; sin embargo, la recompensa más valiosa que ofrecen son: polen y néctar.

### Las abejas, polinización y miel

Se sabe que las abejas son responsables de polinizar una gran cantidad de las plantas productoras de alimentos para los humanos en todo el mundo, por lo que la disminución de sus poblaciones y su probable desaparición es un tema alarmante que no debe tomarse a la ligera, en caso de ocurrir, esto propiciaría la disminución en la producción agrícola y con ello una escasez mundial de alimentos.

Además del papel que desempeñan como polinizadores, las abejas son una importante fuente de ingresos para los apicultores, aquéllas personas que desde tiempos remotos son responsables de su cuidado con el propósito de aprovechar la miel que generan, así como otros productos relacionados con su crianza y cuidado, entre éstos se encuentran el polen, la cera, los propóleos (mezclas de resina o savia que obtienen las abejas de diversas plantas, las cuales utilizan para sellar huecos y desinfectar la colmena, al combinarlos con cera) y la jalea real.

Sin embargo, la apicultura cada día se vuelve una actividad más complicada, pues los problemas que perjudican a las abejas, afectan también a los apicultores porque disminuyen las cosechas de miel, la cantidad de productos obtenidos de su crianza y cuidado, e incluso sufren la pérdida de colonias enteras.



Fotografía: Fernando Araujo Mondragón

### Riesgos en la producción de miel

Para producir miel, las abejas necesitan una fuente de alimento, ya sea polen o néctar, los cuales obtienen de las plantas melíferas que crecen en las zonas cercanas a los sitios donde están instalados los apiarios o colmenares, que son un conjunto de cajones de madera dentro de los cuales las abejas construyen panales para el desarrollo de sus crías, almacenar miel y polen.

La instalación de un apiario generalmente se realiza en función de la disponibilidad de recursos vegetales que existan en la región, ya sean plantas melíferas silvestres o cultivadas,

pues con la abundancia y disponibilidad de recursos, se garantizan buenas cosechas. También se debe considerar la cercanía de una fuente de agua, el sitio deberá protegerlas del frío y fuertes corrientes de aire. Además, deberá ubicarse lejos de asentamientos humanos con el fin de evitar que la gente moleste a las abejas y éstas se defiendan, provocando picaduras a personas y animales; ya que muchas veces esto genera miedo en la gente y por ello las mata, sin tomar en cuenta la importancia que tienen en el mantenimiento ecológico de una región.

*Plantas melíferas.*- Son aquellas de las que las abejas aprovechan néctar y polen principalmente, aunque también se agrupan en esta categoría las especies vegetales de las que se obtienen propóleos. La flora melífera de una región incluye especies de distintas familias botánicas siendo las compuestas y las leguminosas las que más aprovechan las abejas. Es importante señalar que muchas de estas plantas son consideradas malezas por lo que lo que son destruidas con fines estéticos y de limpieza agrícola, sin tomar en cuenta que son una importante fuente de alimento no solo para las abejas, sino también para otros polinizadores.

*Plaguicidas.*- En los últimos años, la agricultura se ha vuelto una amenaza para los polinizadores debido a que las nuevas técnicas usadas para elevar la producción, implican el uso excesivo de plaguicidas, los cuales no solo eliminan las plagas que afec-

tan los cultivos, sino también a organismos benéficos como los polinizadores al entrar en contacto con ellos; entre las especies más afectadas están las abejas.

*Herbicidas.*- El uso de herbicidas también es preocupante ya que además de erradicar las plantas que crecen en los cultivos y arrebatarnos una valiosa fuente de alimento a los polinizadores, también dañan la salud de las abejas y otros insectos; provocando la reducción de sus poblaciones y en el caso particular de las abejas, un decremento en la cantidad de los productos que se obtienen de su cuidado, afectando también las ganancias del sector apícola.

Es claro que la muerte de abejas se debe a diversos factores, no solo el uso de plaguicidas, herbicidas y agroquímicos en la agricultura; también influyen la pérdida acelerada de la vegetación, las enfermedades y el mal manejo que se les da a estos insectos. Por ello es necesario hacer conciencia entre la población para que no las maten y sobretodo en los agricultores, para que realicen prácticas agrícolas sustentables, ya que ellos también resultan beneficiados por la labor que realizan, pues al participar en la polinización cruzada, contribuyen a que exista variación en las plantas cultivadas y éstas sean resistentes a plagas, enfermedades o factores ambientales, sin necesidad de utilizar "n" cantidad de productos químicos.

**Así que si te encuentras con una abeja en tu jardín o parcela no la molestes ¡déjala que realice su trabajo!**



Fotografía: Fernando Araujo Mondragón

Prado-García, A. (2005). *Descubra el poder de la miel cocina, belleza y salud*. 1ª. Ed., Buenos Aires; Grupo Imaginador de Ediciones. ISBN: 950-768-523-5-[https://books.google.com.mx/books?id=smDfr-UXTeoC&pg=PA1&lpg=PA1&dq=Descubra+el+poder+de+la+miel+cocina,+belleza+y+salud&source=bl&ots=-7jDM52Bc5&sig=XIMAzLmqR-JzzhVxN\\_xH2eONf\\_8c&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi-2\\_3lwOnXAhUKzm-MKHR91AVYQ6AEIKzAA#v=onepage&q=Desc](https://books.google.com.mx/books?id=smDfr-UXTeoC&pg=PA1&lpg=PA1&dq=Descubra+el+poder+de+la+miel+cocina,+belleza+y+salud&source=bl&ots=-7jDM52Bc5&sig=XIMAzLmqR-JzzhVxN_xH2eONf_8c&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi-2_3lwOnXAhUKzm-MKHR91AVYQ6AEIKzAA#v=onepage&q=Desc).

Kilama, R. (2014). *El glifosato puede ser una de las causas del despoblamiento de las colmenas*. Corona Apicultores Blog. <http://coronaapicultores.blogspot.com/2014/10/el-glifosato-principal-componentedel.html>

Roman, L. y Palma J. (2007). *Árboles y arbustos tropicales nativos productores de néctar y polen en estado de Colima, México*. *Avances en Investigación Agropecuaria Universidad de Colima*, 11(3):3-24.

Root, A.I. (1984). *ABC y XYZ de la Apicultura: Enciclopedia de la cria científica y paractica de las abejas*. Buenos Aires: Hemisferio sur S.A. 772 p.

# ARTÍCULO

## Proboscídeos de México: Una historia de gigantes

Roberto Díaz Sibaja y Joaquín Eng Ponce

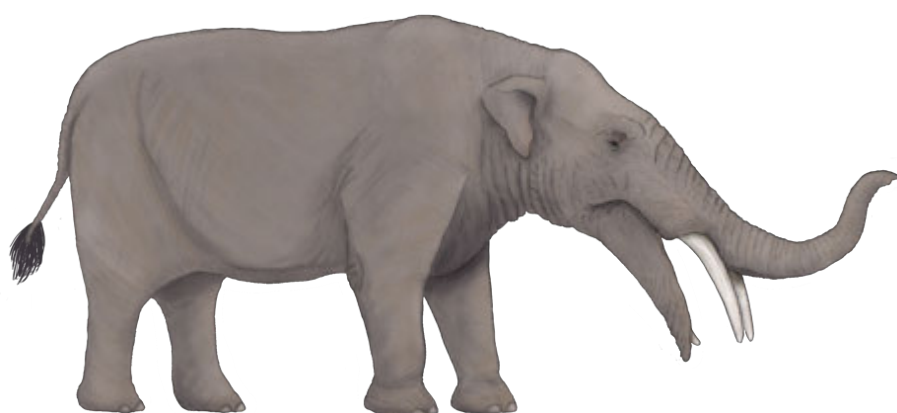


Actualmente, el mamífero terrestre más grande de México es el bisonte americano (*Bison bison*), un bóvido de casi dos metros de altura al lomo y que pesa hasta una tonelada. Este coloso palidece frente a los verdaderos gigantes que habitaron el país: los proboscídeos. El nombre de este grupo de mamíferos de origen africano hace referencia a la posesión de una probóscide, un órgano musculoso y versátil que es producto de la fusión del labio superior con la nariz. Pero además de esta estructura, los proboscídeos se caracterizan por la posesión de gigantescos incisivos en forma de tubo que llamamos defensas (colmillo es un nombre incorrecto, pues no se trata de dientes caninos). Hoy, existen tres especies, el elefante africano de sabana (*Loxodonta africana*), el elefante africano de bosque (*Loxodonta cyclotis*) y el elefante asiático (*Elephas maximus*). Todos los elefantes modernos pertenecen a la familia Elephantidae, la última de 14 familias de proboscídeos que llegaron a existir en un lapso de 60 millones de años y que se distribuyeron en casi todas las masas terrestres continentales, con excepción de Australia y la Antártida.

**Roberto Díaz Sibaja y Joaquín Eng Ponce** son colaboradores del Laboratorio de Paleontología de la Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo  
[roberto.diaz.sibaja@gmail.com](mailto:roberto.diaz.sibaja@gmail.com)

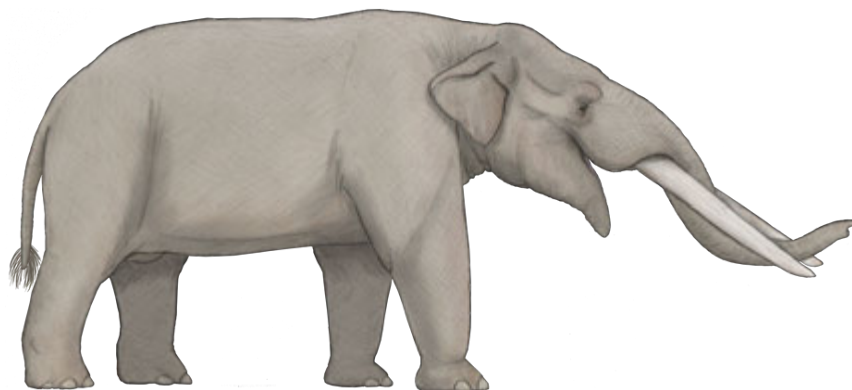
Joaquín Eng Ponce es autor de las imágenes inéditas para este artículo  
[tuxshumagorath@gmail.com](mailto:tuxshumagorath@gmail.com)

En los pasados 15 millones de años y hasta hace unos 11,000 años, México fue tierra de proboscídeos. La primera familia de proboscídeos mexicana fue la Gomphotheriidae (gon-fo-té-ri-de), que tenía como representante al género *Gomphotherium* (gon-fo-te-ri-um), con presencia en los estados de Querétaro, Jalisco, Chiapas y Oaxaca (donde fue particularmente abundante). Estos proboscídeos medían unos 2.5 metros de altura a la cruz y pesaban entre 4 y 6 toneladas. Tenían un cuerpo en forma de barril, sostenido por patas cortas y gruesas. Su rasgo más notorio era un rostro largo que ostentaba cuatro defensas, de las que las superiores eran las más grandes y se curvaban hacia abajo. Los gonfoterios mexicanos vivieron desde hace 15 y hasta hace 5.8 millones de años, en unas épocas llamadas Mioceno y Plioceno.



*Gomphotherium* sp.

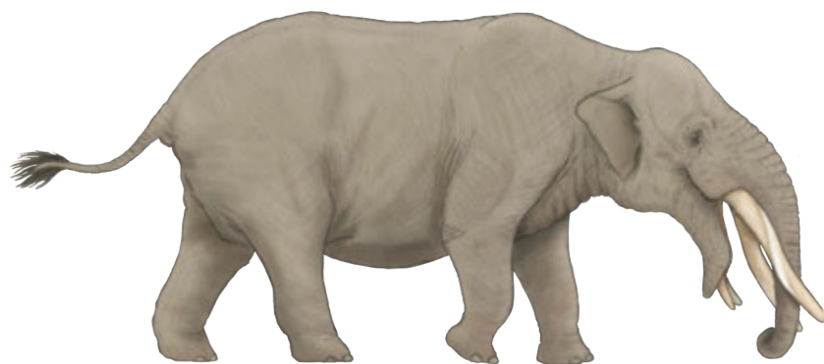
***Gomphotherium* sp.** El género *Gomphotherium* fue un semillero, pues de este complicado entramado de especies surgieron dos linajes. Por un lado, *Stegomastodon primitivus* (es-te-go-mas-to-don / pri-mi-ti-vus) un gonfoterido de 2.3 metros de altura a la cruz y unas 4 o 5 toneladas, similar a un elefante moderno, con un rostro corto y ancho, rematado con dos defensas superiores, rectas y divergentes. A esta especie se le conoce de Miñaca, Chihuahua y de Chapala, Jalisco, donde se le estima una edad de entre 3 y 4 millones de años, lo que corresponde al Plioceno.



*Stegomastodon primitivus*

***Stegomastodon primitivus*** En Centroamérica, el segundo linaje de gonfoterios produjo a *Rhynchotherium falconeri* (rin-cote-ri-um / fal-co-ne-ri). El rincoterio vivió en México desde hace 5.4 millones de años y hasta hace 3 millones durante el final del Mioceno y casi durante todo el Plioceno. Eran muy similares a los gonfoterios, sólo que su rostro era más corto y sus defensas superiores eran más robustas, dirigidas hacia adelante con un eje sinuoso, bordeado de una banda de esmalte en espiral. Esta especie (la única válida de rincoterio) se reconoce en los estados de Baja California Sur, Sonora, Jalisco, Guanajuato, Morelos, Guerrero, Oaxaca y Michoacán.

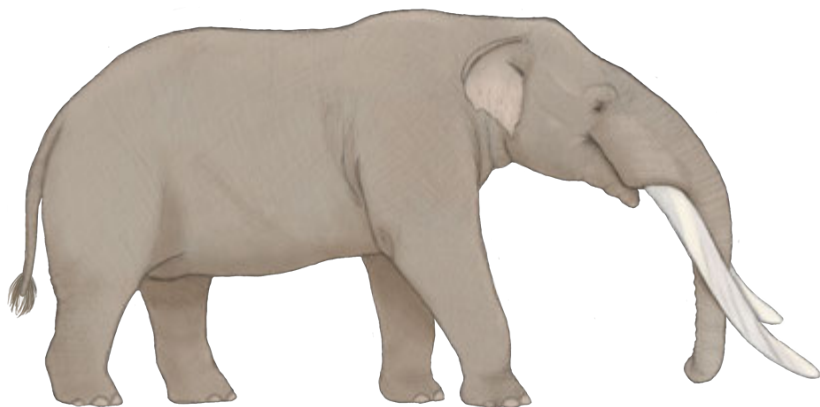
***Rhynchotherium falconeri*** Del linaje del rincoterio surgió en el sur de Estados Unidos, hace unos 4.6 millones de años el más exitoso -y el último- de la familia de los gonfoterios, *Cuvieronius hyodon* (cu-vie-ro-ni-us / i-o-don). Esta especie era más grande que sus predecesores, alcanzaba 2.7 metros de altura y llegaba a pesar hasta 6 toneladas. Era similar al rincoterio, también tenía defensas superiores sinuosas y una banda de esmalte en espiral. Pero a diferencia de su



*Rhynchotherium falconeri*

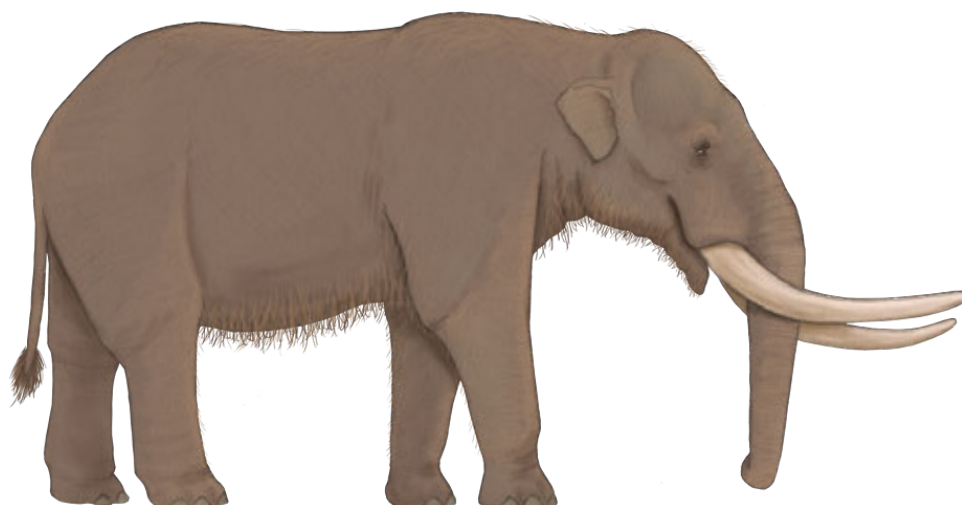
primo, *Cuvieronius* carecía de defensas inferiores cuando maduraba y sólo estaban presentes como vestigios en juveniles. En México, esta especie se conoce únicamente para el Pleistoceno medio y tardío, desde hace al menos 1.8 millones de años y hasta hace 11,550 años antes del presente (1950). La localidad más antigua del país con este proboscídeo es "El Golfo de Santa Clara" y la más reciente es "El fin del mundo", ambas en Sonora. Destaca esta última por ser la más reciente en toda América y la única con evidencia de cacería por parte de seres humanos. *Cuvieronius* es conocido en los estados de Sonora, Chihuahua, San Luis Potosí, Jalisco, Guanajuato, Colima, Hidalgo, Veracruz, Estado de México, Puebla, Tlaxcala, Morelos, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Yucatán y Michoacán.





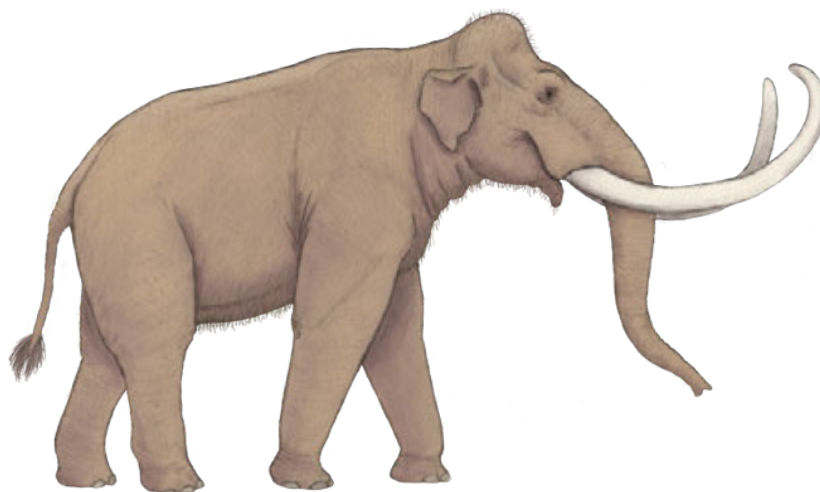
***Cuvieronius hyodon***

***Cuvieronius hyodon*** El linaje de los gonfotéridos fue el más diverso, pero no fueron los únicos proboscídeos americanos. Poco después de que los gonfotéridos ingresaran de Asia, otra familia de proboscídeos hizo lo mismo, la de los mastodontes (*Mammutidae*, no confundir con los mamuts, que son de la familia *Elephantidae*). El primer mastodonte de América del Norte apareció hace 14.4 millones de años, en Estados Unidos y en México, este grupo tiene presencia desde al menos 4.9 millones de años, desde el Plioceno. En nuestro país sólo se reconoce una especie para el Pleistoceno: *Mammut*



***Mammuthus americanum***

*americanum*. El mastodonte americano medía unos 2.3 metros de altura y pesaba unas 6 toneladas. Era robusto y tenía un marcado dimorfismo sexual, en el que los machos eran más grandes y pesados. El mastodonte era de cuerpo grueso y patas cortas. Sus defensas eran relativamente delgadas y se curvaban hacia adelante y arriba en un sutil arco sinuoso. Aunque muchas reconstrucciones lo muestran lanudo, la evidencia sugiere que ese pelaje icónico es en realidad una mala interpretación de algas que estaban cubriendo un esqueleto parcial descubierto en Nueva York, a mediados de siglo XIX.

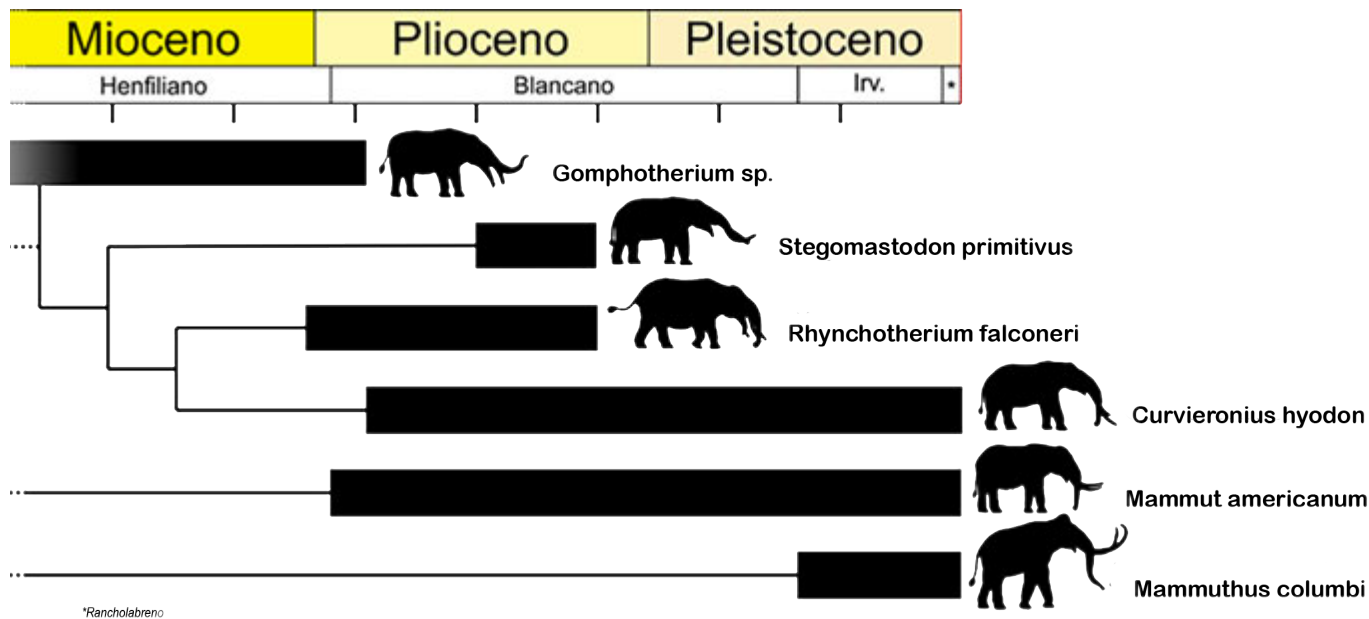


***Mammuthus columbi***

neamente muchas especies, de las que destacan *M. imperator* y *M. hayi*, que eran individuos muy viejos e individuos con morfología primitiva del Pleisto-

***Mammuthus americanum*** Siguiendo el patrón de dispersión de los gonfotéridos y mastodontes, otra familia de proboscídeos ingresó a América del Norte procedente de Asia, los elefántidos (*Elephantidae*). Los elefantes americanos son conocidos mejor con su nombre común: mamuts. Ingresaron al continente hace 1.8 millones de años, donde evolucionó una especie autóctona: *Mammuthus columbi* (ma-mu-tus / co-lum-bi), el mamut americano. Al igual que su ancestro asiático, este mamut era inmenso. Fue el mamífero terrestre más grande de América. Los machos eran considerablemente más grandes que las hembras, llegaban a medir hasta 4 metros de altura a la cruz y alcanzaban pesos de hasta 10 toneladas. A diferencia del resto de proboscídeos mexicanos, el mamut americano tenía los hombros más altos que las caderas y poseía patas largas, pero robustas. Sus defensas eran muy largas sus alveolos apuntaban hacia afuera y su crecimiento iniciaba hacia afuera y abajo, para luego invertirse y dirigirse hacia arriba y adentro. Las defensas más largas registradas para esta especie medían 4.9 metros de longitud.

Unas de las más largas de todos los proboscídeos conocidos. En México, *Mammuthus columbi* se conoce para el Pleistoceno medio (Irvingtoniano) de Sonora y Baja California Sur, mientras que para el Pleistoceno tardío (Rancholabreano) se conoce en casi todos los estados de la República con excepción de Colima, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Cabe destacar que los individuos de esta especie eran muy variables y por ello, se reconocieron erró-



**Rango temporal de los proboscídeos de México. Los conectores representan relaciones de parentesco.**

ceno medio, respectivamente. Hoy sabemos que todos ellos representaban a la misma especie.

Salvo por *Mammuth americanum* y quizá *Gomphotherium spp.*, que habitaban zonas boscosas y comían hojas altas, el resto de los proboscídeos de México habitan pastizales, praderas, matorrales dispersos y zonas de transición, donde se alimentaban de pastos, arbustos y ocasionalmente árboles.

Los colosos de México se extinguieron hacia el final del Pleistoceno (ca. 11,000 años antes del presente), a causa de desequilibrios ecológicos producto de una glaciación abrupta y vulcanismo que hicieron insostenibles las poblaciones de animales tan grandes como estos. Los humanos que recién habían arribado al continente, tres mil años antes,

no jugaron un rol importante en su extinción. Sin embargo, estos animales generaron un gran impacto en su imaginario, tanto que los mexicas y otros pueblos del centro del país como los tlaxcaltecas, los incorporaron a su folclor bajo el nombre de *Quinametzin* y atribuyeron su desaparición a eventos catastróficos tales como la "apertura de la tierra" y el "escupir de las montañas".

Es improbable que algo tan grande e impresionante vuelva a caminar por estos lares. Hoy, sólo podemos disfrutar de estos antiguos behemotes en los museos a través de sus osamentas petrificadas, testigos mudos del impresionante pasado de estas tierras, ecos del barritar de gigantes en la América antes del hombre.



Eiseley, L.C. (1946). Men, mastodons, and myth. *The Scientific Monthly*, 62(6):517-524.

Alberdi, M.T. y Corona E. (2005). Revisión de los gonfoterios en el Cenozoico tardío de México. *Rev. Mex. Cs. Geológicas*, 22(2):

Arroyo-Cabral, J., Polaco O.J., Laurito C., Johnson E., Alberdi M.T. y Zamora A.L.V. (2007). The proboscideans (Mammalia) from Mesoamerica. *Quaternary International*, 169:17-23.

Lucas, S.G. y Morgan G.S. (2008). Taxonomy of *Rhynchotherium* (Mammalia, Proboscidea) from the Miocene-Pliocene of North America. *Neogene Mammals: Bulletin*, 44:71.

Morgan, G.S. y Lucas S.G. (2011). *Stegomastodon* (Mammalia: Proboscidea: Gomphotheriidae) from the Blancan and Irvingtonian (Pliocene and early Pleistocene) of New Mexico). *Fossil Record*, 3:570-582.

Mothé, D., dos Santos Avilla L., Asevedo L., Borges-Silva L., Rosas M., Labarca-Encina R. y Rincon A.D. (2017). Sixty years after 'The mastodons of Brazil': The state of the art of South American proboscideans (Proboscidea, Gomphotheriidae). *Quaternary International*, 443:52-64.

## ARTÍCULO

## No soy yo, es la Entropía...

Moyocoyani Molina Espíritu



Seguramente han conocido a alguien en el supermercado que decide escoger unas cuantas naranjas que se encuentran apiladas de manera ordenada en un estante, y al momento de seleccionar aquellas más apetitosas ocurre uno de los momentos más embarazosos de las visitas al supermercado. Me refiero, a ese instante en que se retiran un par de naranjas y la montaña de cítricos colapsa y ruedan vertiginosamente fuera del estante; y, por si fuera poco, intentan volver a colocarlas en su lugar y unas cuantas siguen sin posicionarse de manera ordenada. Si les ha ocurrido este particular fenómeno, entonces han sido testigos de la entropía.

Una anécdota curiosa, relacionada con el significado de la entropía, es cuando Claude E. Shannon desarrolló una ecuación que cuantificaba la información necesaria para transmitir un mensaje. Debido a que su ecuación tenía la misma forma matemática de la entropía, un colega (llamado Jon Von Neumann) le sugiere que nombrara entropía a la ecuación de Shannon, porque siempre tendría la ventaja en un debate ya que nadie sabe que es

*Moyocoyani Molina Espíritu. Doctor en Química Cuántica, trabaja como Data Scientist en OCC Mundial (México), en el área de Data Strategy & Artificial Intelligence.  
mmolina@occ.com.mx*

realmente la entropía. Con esta anécdota en mente, pareciera que se desconoce que es la entropía.

El presente escrito pretende vincular las diferentes acepciones y contextos de la entropía, con la finalidad de tener un concepto unificado con el que al fin podrás decirle a todos en el supermercado **“No soy yo quien tiró las naranjas, fue la entropía”**.

### El origen. La entropía termodinámica

La energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma. Es la frase característica de la ley de conservación de la energía. Ese enunciado implica que la misma cantidad de energía “que entra”, es la misma cantidad de energía “que sale”. Por ejemplo, un vehículo requiere gasolina para provocar un proceso de combustión, por lo que la energía ingresa al vehículo en forma de gasolina (energía potencial) la cual, a través de un proceso de combustión, se manifiesta en forma de electricidad o desplazamiento del vehículo.

En el ejemplo anterior pareciera que todo funciona de esa manera, y no existe mayor complicación. Sin embargo, los sistemas reales funcionan de otra forma. Existe un concepto llamado eficiencia (o rendimiento térmico), definido como el cociente entre la energía de salida, y la energía de entrada; si la energía de salida es igual a la energía de entrada, entonces se tiene un proceso con eficiencia perfecta (nada se desperdicia).

En cambio, si la energía de salida es menor que la energía de entrada (como sucede en realidad) se tiene una menor eficiencia, e implica que la energía “se perdió” en algún momento. ¿Qué ocurrió con esa energía? La mayoría de las veces se desprende como calor y es absorbida por los alrededores; por lo que no toda la energía que se ocupa para realizar un trabajo se convierte en energía mecánica. A ese exceso de calor (o energía desperdiciada) se le vinculó con la primera definición de entropía, o entropía termodinámica.

### Desorden y la entropía de Gibbs-Boltzmann

Alrededor de 1870, el extraordinario físico Ludwig Boltzmann propuso la hipótesis de un mundo microscópico a partir del cual era posible deducir todas las propiedades de los objetos macroscópicos.

Para sustentar su hipótesis Boltzmann dedujo una ecuación que vincula la entropía con el número de formas diferentes en que los átomos pueden

encontrarse en un sistema termodinámico. A partir de este conjunto de estados probables se puede inferir la existencia de un microestado (un estado que se define por las posiciones y velocidades de cada objeto)

con mayor probabilidad de ocurrencia que, a su vez, es la configuración

que mejor representa a un sistema.

Willard Gibbs vino a darle mayor peso a la entropía de Boltzmann. Mientras Boltzmann consideraba el conjunto de estados probables para una sola parte del todo, Gibbs pensó en una densidad de distribución que tomaba en cuenta todas las posiciones y velocidades posibles ¡de todos los objetos! A partir de esta función de distribución de densidad se pueden calcular las propiedades termodinámicas de varios sistemas físicos, químicos y biológicos.

Hasta este momento de la historia relatada, la entropía se consideraba como una medida de la energía desperdiciada, vinculada con la transmisión de calor, y ahora se está asociando con una distribución de posiciones y velocidades. Pareciera que la entropía engloba dos conceptos diferentes, pero no es así. Para empatar ambas definiciones de entropía (termodinámica y estadística) vamos a realizar un experimento mental.

Retomemos el ejemplo del estante con naranjas. Para este caso consideraremos dos estados, el estado A es el estante perfecto, totalmente apilado y ordenado, todas las naranjas están ubicadas espacialmente de manera precisa y su velocidad es cero (ese es su microestado); el estado B es cuando el sistema colapsa y las naranjas ruedan y caen incesantemente, algunas chocan entre sí, y otras salen rodando, por lo que ya tienen velocidad (la cual no es la misma para todas las naranjas), y su ubicación espacial es muy variada.

El estado A (altamente ordenado) tendría una energía cinética mínima o cercana a cero (no hay movimiento) y la entropía es mínima; mientras que el estado B (altamente desordenado) tiene una energía cinética notoria, y ha incrementado su entropía (Figura 2).

Es importante destacar el hecho de que la entropía vincula los conceptos de energía cinética y probabilidad con desorden; y es a partir de aquí que, coloquialmente, la entropía se considera como una medida del desorden.

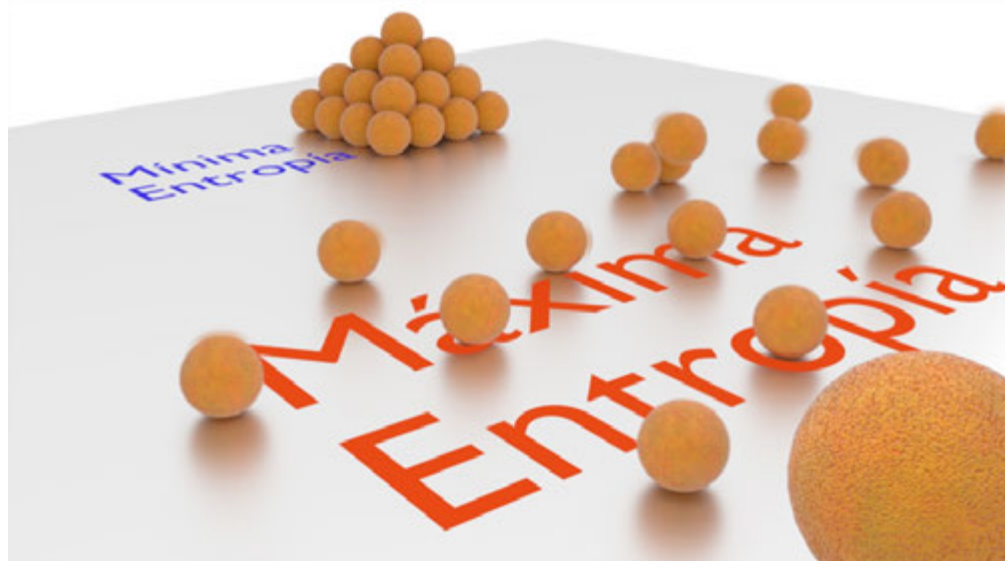


Figura 1: Ejemplo ilustrativo que vincula la forma en que están apiladas las naranjas y la entropía.

## Incertidumbre, información y la entropía de Shannon

En 1948 surgió una teoría que cambiaría el mundo de la ciencia y la tecnología, el matemático Claude E. Shannon desarrolló "la Teoría de la Información".

Shannon deseaba encontrar una manera de cuantificar la cantidad de información que podía transmitirse en un mensaje, a través de un cierto canal. Para sorpresa de algunos, la medida propuesta por Shannon tenía la misma forma que la entropía de Gibbs-Boltzmann, la gran diferencia radica en que la entropía de Shannon es una teoría de carácter general que va más allá de la física, y es aplicable a cualquier sistema basado en probabilidades.

En líneas anteriores se esclareció que la entropía está asociada con las probabilidades, el calor y el desorden de los sistemas físicos. Un sistema que genera calor tiene mayor movimiento interno y mayor desorden, por lo que la cantidad de estados probables aumenta y el sistema tiene mayor entropía. La pregunta es ¿Cómo encaja este concepto de entropía con la información y porqué la entropía de Shannon es capaz de aplicarse a tantos campos?

Conceptualmente no difiere mucho la entropía de Shannon con la entropía de Gibbs-Boltzmann y la entropía termodinámica. La entropía de Shannon surge como una medida de información partiendo de la incertidumbre y las probabilidades.

Cuando se tiene un sistema basado en probabilidades se puede inferir su grado de



Figura 2: Entropía y su relación con orden y desorden explicada con naranjas

incertidumbre; por ejemplo, si se tiene una serie de eventos que sean todos probables (como lanzar un dado de seis caras), por obvias razones no sabríamos cual de todos los eventos ocurrirá, por lo que se tiene una incertidumbre máxima (mayor entropía) sobre ese sistema probabilístico. En cambio, si conocemos de antemano que eventos ocurrirán, la incertidumbre es nula debido al grado de certeza que tenemos sobre el sistema (entropía mínima).

Aquí viene lo interesante, si retomamos el ejemplo de las naranjas y quisiéramos seleccionar una naranja en específico del estado A (altamente ordenado) tendríamos una mayor probabilidad de localizar esa naranja

sin tanto esfuerzo y la incertidumbre sería mínima, provocando un estado de baja entropía; en cambio, el estado B, por ser altamente desordenado, provoca que nuestra incertidumbre sobre la localización de las naranjas sea elevada, y eso se traduce en una entropía elevada.

Con la entropía de Shannon podemos abordar cualquier tipo de sistema basado en probabilidades, por lo que su significado se vuelve más general y de mayor alcance. Dicho de otra forma, si un sistema, objeto o actividad tiene varios resultados posibles (como las apuestas, los servicios de mensajería, el clima, los deportes, el movimiento de los átomos y astros, la mecánica de los electrones y muchos ejemplos más) podemos medir su grado de incertidumbre y, por lo tanto, podemos conocer su entropía.



Físico Ludwig Boltzmann

«Actualmente se considera a la entropía como una de las propiedades más importantes del universo y podemos cuantificar su presencia en casi cualquier sistema»

Saber Más

Vedral, V. (2011). *Descodificando la realidad: el universo como información cuántica*. Biblioteca Buridán, 2011. (ISBN 9788492616930)

Cercignani, C. (2006). *Ludwing Boltzmann: the man who trusted atoms*. Oxford University Press, 2006. ISBN 9780191606984.

# TECNOLOGÍA

## Energía nuclear, ¿benéfica para la agricultura?

Selene Hernández Muñoz y Martha Elena Pedraza Santos



La D.C. **Selene Hernández Muñoz** es egresada del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas de la Opción en Conservación y Manejo de Recursos Naturales.  
[selene451a@hotmail.com](mailto:selene451a@hotmail.com)

D.C. **Martha Elena Pedraza Santos** es Profesor Investigador Titular C, ambas de la Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez" de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.  
[marelpesa@yahoo.com.mx](mailto:marelpesa@yahoo.com.mx)

**T**odos hemos escuchado sobre el peligro de las armas nucleares, debido a los efectos devastadores de las bombas atómicas lanzadas en Hiroshima y Nagasaki en 1945. Por esto, después de la segunda guerra mundial, se han creado tratados con el propósito de evitar los ensayos nucleares con fines militares y se ha fomentado el uso de la energía nuclear en beneficio de la humanidad.

### ¿Qué es energía nuclear?

La energía nuclear es la energía contenida en el núcleo de un átomo y permite que los protones y neutrones se mantengan unidos, el aprovechamiento de esta energía se puede realizar a partir del núcleo de un átomo (fisión nuclear) o al fusionar los núcleos de dos átomos (fusión nuclear), ambas reacciones generan pérdida de masa, que se convierte en energía calorífica y de radiación.



La radiación es una forma de energía igual que el calor y la luz emitidos por el sol, que se transmite a través de un material o del espacio y tiene muchas aplicaciones que pueden ser utilizadas con fines pacíficos. Por ejemplo, en la **medicina** se utilizan radiofármacos y radioisótopos para detectar y tratar enfermedades, la radiación gamma se aplica para diagnosticar y tratar el cáncer o esterilizar productos médicos y quirúrgicos.

Para la **producción de energía** se usan reactores nucleares que generan electricidad, para reducir la contaminación ambiental se pueden emplear reactores de plasma, estos reactores permiten transformar residuos peligrosos generados en industrias petroquímicas, residuos de hospitales, gases tóxicos generados por las industrias y los automóviles en compuestos menos tóxicos o combustibles limpios.

### Usos de la energía nuclear en la agricultura

Además, la energía nuclear se usa con diferentes objetivos dentro de la **producción agrícola**, es una herramienta importante de mejoramiento genético que sirve para generar variedades de plantas precoces, que produzcan más, que sean más resistentes a plagas y enfermedades, que toleren la salinidad o el estrés por agua. Esta generación de variedades ha permitido mejorar la seguridad alimentaria, también se utiliza para combatir plagas de insectos y prolongar el periodo de conservación de los alimentos al esterilizarlos.

La radiación nuclear también permite incrementar los porcentajes de germinación de semillas, acelerar el crecimiento de las plantas, aumentar la concentración de aceites en oleaginosas, elevar el contenido de pigmentos fotosintéticos y antioxidantes, incrementar la producción de metabolitos secundarios, inducir floración temprana e interrumpir la latencia en las semillas.

### ¿Qué tipo de radiación podemos utilizar en la agricultura?

El efecto que causa la energía nuclear dentro de las plantas depende del tipo y la dosis de la radiación que se use, así como del tejido expuesto. Cuando un tejido absorbe radiación, éste puede ocasionar que los electrones del tejido vegetal vibren, cuando se genera este efecto, la radiación se conoce como **no ionizante** y en este grupo podemos encontrar a los rayos ultravioleta (UV), el láser y las microondas.

Existe otro grupo de radiación nuclear que ocasiona que los electrones se exciten e incrementen sus niveles de energía, esto provoca que los electrones se salgan de su órbita y los átomos se transformen en iones, por lo que este grupo es conocido como **radiación ionizante**. Este tipo de irradiación se produce por átomos inestables que se encuentran en proceso de transformación a átomos estables, fenómeno conocido como radioactividad y aquí podemos encontrar a los rayos X y gamma ( $\gamma$ ). Este tipo de radiación produce especies



Usos de la energía nuclear en la producción agrícola

- Incremento de la producción
- Fertilizantes marcados con radioisótopos
- Inhibe formación de brotes en tubérculos
- Elimina patógenos
- Generación de variedades
- Estimulación de la germinación

reactivas con el oxígeno, las cuales interactúan con el ADN del tejido vegetal y causan daño oxidativo que genera modificaciones en las bases e inducen múltiples rupturas simples o dobles en la cadena del ADN.

**Ondas ultravioleta**

Las ondas UV son consideradas un método ecológico y seguro para estimular el desarrollo de las plantas, también incrementan la tolerancia al estrés biótico y abiótico, mejoran la productividad e incrementan la calidad de frutas y hortalizas al reducir la actividad microbiana, sin que afecten sus propiedades organolépticas. Es por esto, que las ondas UV son ampliamente utilizadas para garantizar la inocuidad y calidad en frutas y hortalizas frescas, así como para incrementar su vida de anaquel.

**Microondas**

Las microondas son absorbidas a nivel celular, causan movimientos en los iones, estos movimientos producen un calentamiento rápido y selec-

tivo que puede modificar la permeabilidad de las membranas citoplasmáticas, la división de células y la síntesis de proteínas, estos cambios fisiológicos estimulan la germinación y el vigor de las plántulas. Las microondas, aunque en menor medida también son utilizadas para inducir mutaciones ya que pueden generar especies reactivas de oxígeno, que desencadenan procesos físicos y químicos complejos y pueden dar lugar a diversas lesiones del metabolismo celular, incluida la fragmentación del ADN.

**Láser**

La estimulación del desarrollo de las plantas con láser es un fenómeno físico que se basa en la absorción de energía de la luz, ésta energía lumínica es transformada en energía química y modifica los procesos fisiológicos en la germinación de semillas porque influye en la actividad de la enzima alfa-amilasa (enzima que interviene en la degradación del almidón) y modifica la concentración de radicales libres, lo que permite desactivar la



Esterilización de frutas y verduras con ondas ultravioleta



latencia y por lo tanto incrementar el porcentaje de germinación. La activación por láser en las plantas es el resultado de un aumento en su potencial bioenergético, lo que lleva a una alta actividad de producción en el fitocromo, esto estimula procesos bioquímicos y fisiológicos.

### Rayos X

Los rayos X se usan para determinar la viabilidad de las semillas en diferentes especies, otra aplicación de los rayos X es su uso a intensidades bajas para estimular el desarrollo de las plantas, ya que activan enzimas que favorecen la formación de sustancias que a bajas concentraciones aceleran la división de células. En las décadas de los setentas y ochentas también se consideraron a los rayos X como una herramienta importante en la generación de variedades vegetales por inducir mutaciones, con este método se registraron 162 (70's) y 234 (80's) variedades de diversos cultivos, en la base de datos de variedades mutantes de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agencia Internacional de Energía Atómica (FAO/IAEA). Entre éstos tenemos a variedades de frijol, cebada, soya, arroz, crisantemo, tulipán, dalia, alstroemeria, entre otras.

### Rayos gamma

Los rayos gamma son partículas que tienen capacidad alta de penetrar en los tejidos biológicos. Su eficiencia se debe a que tienen un nivel de energía de alrededor de 10 kilo electrón voltios (keV) a varios cientos de keV, esto le confiere un alto poder de penetración en los tejidos. Su efecto biológico se basa en la interacción con componentes celulares como el agua, proteínas y las enzimas, que al cho-

car con estos elementos o con los enlaces químicos que los mantienen juntos, y de acuerdo a la dosis o la sensibilidad del material pueden alterar su estructura o cambiar el orden de sus componentes. Cuando la radiación afecta al ADN y si éste no es reparado se provoca una modificación en la información genética, efecto conocido como mutación.

Se ha demostrado el éxito de los rayos gamma en la generación de nuevas variedades, ya que más del 50 % de las variedades mutantes liberadas se han generado a través de esta técnica. Los rayos gamma han permitido generar variedades en cultivos como trigo, cebada, arroz, algodón, chícharo, soya, crisantemo, rosa, dalia, begonia, entre otros. En plantas ornamentales su uso representa una herramienta poderosa para generar nuevas variedades para la industria florícola, ya que permite modificar características fenotípicas de importancia comercial como el color, la forma o el tamaño de la flor, lo que hace a las plantas ornamentales ideales para la inducción de mutaciones.

Los rayos gamma también se utilizan para estimular de la germinación de semillas, el crecimiento de las plantas, el desarrollo de brotes laterales por inactivación de auxinas e inducir floración temprana, además son eficientes en la esterilización de productos agrícolas y para aumentar su tiempo de conservación o reducir la incidencia de patógenos.

El buen uso de la energía nuclear ha llevado a diferentes aplicaciones, como vemos, en la agricultura nos proporcionan múltiples beneficios, ya que con algunas de sus técnicas puede incrementarse la producción de alimentos o flores, reducirse el uso de plaguicidas, generar nuevas variedades y acelerar el desarrollo de las plantas.



SaberMás 

De la Cruz-Torres, E. (2015). *Estimular la evolución. Aps. Nucleares*, 1:10.13.

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/112058/APPS\\_NUCLEARES\\_1.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/112058/APPS_NUCLEARES_1.pdf)

González-Jiménez, J. (2004). *La tecnología nuclear en el mejoramiento de las plantas. Ciencia*, 55(2): 3-52.

[http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55\\_2/tecnologia\\_nuclear.pdf](http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55_2/tecnologia_nuclear.pdf)

Jawerth, N. y Gaspar, M. (2016). *La Contribución del OIEA a los Objetivos de Desarrollo Sostenible. IAEA Bulletin*, 1-3.

[https://www.iaea.org/sites/default/files/5722830\\_es.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/5722830_es.pdf)

*Base de datos de variedades mutantes de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agencia Internacional de Energía Atómica (FAO/IAEA). (2018).*

<https://mvd.iaea.org/#!Search>

# UNA PROBADA DE CIENCIA

## Mujeres en la ciencia

Horacio Cano Camacho



Cuando estudiaba la carrera de biología realizamos un examen de una materia muy “difícil” y de esas que asustan a todos. Días después, el profesor nos entregó los resultados, y no es por presumir, pero una condiscípula que ya entonces era una especie de novia mía y ahora ya es mi colega y compañera de vida y yo sacamos un diez. El profesor se sintió obligado a mostrar los exámenes de ambos y aclarar que eran respuestas muy diferentes e independientes.

Luego se sintió obligado a justificar su comentario por el hecho de que muchos creían que como éramos pareja, seguramente ella me copiaba... ¿por qué no podría ser al revés y el copión ser

*Horacio Cano Camacho, Profesor Investigador del Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología y Jefe del Departamento de Comunicación de la Ciencia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.  
hcano1gz1@mac.com*

yo? ¿por qué se asume que ellas son una especie de rémora? En este caso, ella estudiaba conmigo, me explicaba el tema y me enseñó de manera tan adecuada que me saqué un diez...

Esta situación fue muy tonta y triste. Guadalupe la sigue recordando de manera muy vívida, porque no fue la única ni la última, aún ahora como profesores universitarios muchos de nuestros compañeros siguen devaluando el trabajo de las mujeres y cuando lo aceptan, lo hacen como una suerte de concesión graciosa... Una forma de machismo que, por desgracia, priva en el sector de la ciencia de manera muy sutil pero siempre presente...

Un "argumento" muy usado es que las mujeres están alejadas de la ciencia por que o no tienen interés en ella o su capacidad está en otras cosas. Esto es, la ciencia es cosa de hombres y "basta" ver cuántos Premios Nobel se han otorgado a mujeres o cuantas de ellas son líderes mundiales en los campos de frontera...

Si bien podemos notar con gusto como la participación de las mujeres en la ciencia y la tecnología crece continuamente, su ritmo y número aún es insuficiente y existen áreas en las que su contribución está lejos de su potencial.

Las causas de este fenómeno son diversas, pero podemos rápidamente ver su exclusión histórica como una de las principales. No es una cuestión de capacidad o de interés lo que las ha mantenido alejadas, es la exclusión, la discriminación y la falta de oportunidades lo que ha operado en su contra. Las mujeres son tan (o más) inteligentes, creativas o ingeniosas que sus pares hombres y muestras hay un montón.

Las restricciones -manifiestas o sutiles- que se han puesto a las mujeres para acceder a la educación, a los fondos para investigación, becas, incluso al reconocimiento de sus logros son enormes y allí están en la historia

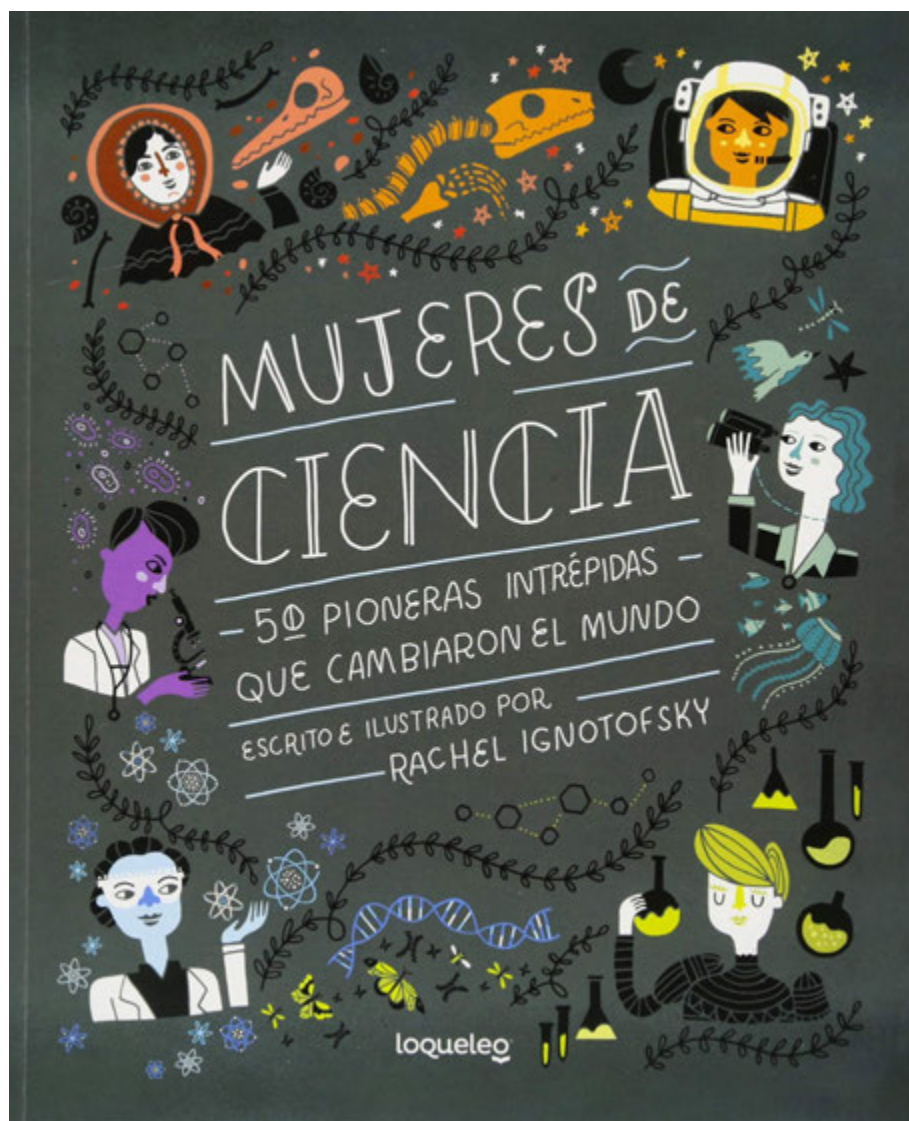
para atestiguarlo. Así como también podemos encontrar la lucha constante y cuesta arriba de muchas mujeres que han logrado sobreponerse a los prejuicios, los estereotipos, la discriminación y la ignorancia.

Por eso es fundamental el libro que ahora recomiendo. Se trata de *Mujeres de Ciencia* de Rachel Ignotofsky (Nórdica ediciones, 2017, Chile. ISBN 9788416830800). Se trata de libro ilustrado y educativo, que destaca las contribuciones de mujeres notables a los campos de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas desde el antiguo hasta el mundo moderno. Podemos encontrarnos con Hipatia, matemática, astrónoma y filósofa de Alejandría, en Egipto; Sybilla Merian, ilustradora científica alemana; Wang Zhenyi, astrónoma china; Marie Curie, física y química polaca y una de las mentes más lúcidas de todos los tiempos; Barbara McClintock, norteamericana y una de las genetistas más destacadas del siglo XX y ejemplo de cómo sobreponerse a la incomprensión y la discriminación del mundo científico. En fin, son 50 infografías sencillas, bellamente ilustradas, con datos esenciales sobre su vida, obra, estadísticas, entre otra información.

Este libro también contiene infografías sobre temas relevantes como equipos de laboratorio, datos de mujeres que trabajan actualmente en campos

relativos a la ciencia y un glosario científico ilustrado.

Me parece una obra muy recomendable para chicos y grandes, pero sobre todo para maestras y maestros de educación básica. Una manera de ilustrar las clases para demostrarle a los estudiantes que no hay diferencia alguna entre mujeres y hombres cuando se facilita y estimula el acceso de todo el talento al mundo del conocimiento.



# LA CIENCIA EN POCAS PALABRAS

## Modelos cognitivos y estímulos sensoriales

Juan Carlos González Vidal



**A** bordaremos *los modelos cognitivos* desde los postulados de la semiótica, recurriendo a las neurociencias para ampliar el enfoque de acercamiento.

Uno de los grandes retos al que nos enfrentamos en la actualidad, es el de avanzar en un análisis holístico del ser humano y de su modo de existir; tal labor implica la resolución de múltiples incógnitas y cuestionamientos que solamente pueden tener lugar en el espacio de la transdisciplinariedad. Hay que tener presente que la actuación humana se basa conjuntamente en factores biológico-estructurales, socioculturales y situacionales (estos últi-

*Dr. Juan Carlos González Vidal, Profesor e investigador de la Facultad de Letras, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.  
juanvit@hotmail.com*

mos con un carácter altamente convencional), factores de los que depende, de manera simultánea, la generación de procesos mentales (con todo lo que traen aparejado). En consecuencia, la experiencia acumulada por la especie es incomparable en amplitud y en complejidad a la de otros animales.

### Los modelos cognitivos como mediadores de los estímulos sensoriales

Roger Bartra emplea una metáfora para definir la constitución del humano, la de la banda de Möebius. Con ello enfatiza la importancia de visualizar unificadamente eso que llamamos "humanidad" desde perspectivas biológicas y culturales, porque las actividades de la especie implican una continuidad entre dichos segmentos. Nuestra argumentación irá en el sentido de poner de relieve esta continuidad.

Al principio, un bebé no cuenta con modelos cognitivos convencionales para enfrentarse con estímulos sensoriales. Prácticamente sólo tiene a su disposición una estructura biológica para recibirlos, por lo que su recepción es dispersa. Gehlen habla de ciertos procesos físico-neurológicos que paulatinamente van capacitando al pequeño para eventos perceptuales sumamente complejos. Uno de estos procesos se desarrolla a partir de la necesidad del bebé de orientarse en el mundo, así, se establece un vínculo entre la vista y el tacto. A partir de su campo visual, el pequeño empieza a tocar objetos, sin ninguna finalidad; lo que importa en este momento es la acción en sí misma, porque a través de ella el sujeto va construyendo las bases primigenias para poder situarse en un entorno material. De acuerdo con Gehlen, aquí no hay nada de racional. Conforme el vínculo vista-tacto se fortalece, se incrementa la capacidad psicomotriz. Esta clase de acciones derivan en los movimientos selectivos, que frecuentemente se encuentran asociados al placer. Por ejemplo, el bebé toca un objeto con una superficie cálida o tersa, la sensación que le produce el contacto es agradable, lo que lo motiva a repetir el movimiento. Así, queda implicada la satisfacción de una necesidad que, además, no tiene un carácter básico. Se trata de procesos aptificantes para integrarse a un medio.

En refuerzo de lo anterior, hay que decir que se ha realizado una serie de investigaciones que han mostrado que ciertos circuitos neuronales requieren vincularse con experiencias exteriores para operar de manera adecuada. Los experimentos llevados a cabo con crías de monos y gatos, con-

sistentes en privar a los animales de información visual, mostraron afectaciones en el proceso de activación de las columnas de dominancia ocular. Los procesos fisiológicos pueden alterarse o retardar su desarrollo sin una apropiada interacción con el ambiente.

El entorno del infante se encuentra constituido por un universo cultural, por lo que las interacciones sujeto-mundo se verifican en un sistema de relaciones artificialmente creadas, en las cuales el sujeto va identificando el *continuum* material en un principio y, posteriormente, otra clase de fenómenos, con base en las dinámicas de dicho universo. Esta afirmación nos recuerda el argumento de Bartra relativo a que "...el cerebro es un sistema abierto a circuitos culturales externos de los cuales depende parcialmente para su funcionamiento". Una de las cuestiones relevantes que llaman la atención, es la forma en que se encuentran vinculados los estímulos sensoriales, los modelos cognitivos y los patrones de actividad cerebral. Pensamos, con otros investigadores, que una vía más para abordar esta problemática es destacando la función de los modelos cognitivos convencionalizados.

Una vez que el pequeño ha desarrollado ciertas capacidades físico-neurológicas (como la coordinación tacto-vista, la evolución básica del sistema audio-loquial), entabla otro tipo de relaciones con el "mundo". Los estímulos que anteriormente recibía de forma dispersa, empiezan a organizarse en una suerte de 'conglomerados'. Por ejemplo, la satisfacción de ciertas necesidades, como el hambre, las va asociando con un adulto (preponderantemente con la mamá) en virtud de lo iterativo de la acción de alimentarlo, de modo que estímulos visuales, táctiles, olfativos, etc., son reunidos en la corporeidad de ese adulto, que ha pasado a tener un significado y, por lo tanto, se ha convertido en un percepto para el niño. Aquí es posible hablar ya

de la institución de un modelo cognitivo convencional. El modelo se instaura en el momento en que se le asignan contenidos semánticos a cualquier clase de fenómeno. La explicación puede resultar más clara si se ilustra con objetos físicos. Por ejemplo, un cascabel será percibido por el niño como un objeto de placer en cuanto le atribuye una función estable, porque esa

f u n -



ción se convierte en un contenido semántico.

Evidentemente, conforme el humano va desenvolviéndose en la cultura, los modelos cognitivos van teniendo una función más importante en sus actuaciones. La pregunta obligada que surge en este sentido es: ¿cómo procesa nuestro organismo, holísticamente hablando, los estímulos del entorno? Ranulfo Romo, desde la neurofisiología, se ha centrado en estudiar la relación causal que puede existir entre la actividad de campos neuronales y procesos cognitivos que llevan a los sujetos a ejecutar determinadas acciones. Parte de su trabajo ha consistido en la aplicación de estímulos vibrotáctiles en monos, con el fin de establecer, entre otras cosas, la interconectividad entre áreas corticales durante el itinerario mencionado. He aquí una línea de investigación que servirá de base para lograr una mayor precisión en el análisis de las interconexiones entre circuitos cerebrales y circuitos culturales.

Sería importante avanzar y determinar los patrones de actividad cerebral que tienen lugar en el momento en que un acontecimiento es captado a partir de un área especializada de la cultura. Estas áreas establecen visibilidades específicas sobre el mundo, de modo que un mismo objeto es asimilado de forma diferente dependiendo de la ubicación del sujeto percibiente. Por ejemplo, un especialista en fotografía estética ¿qué tipo de circuitos neuronales activaría al observar las fotografías de *The Perfect Moment*, de Robert Mapplethorpe, en comparación con un sujeto que se situara en el campo de la moral conservadora?; evidentemente, de acuerdo a sus modelos cognitivos, en el primer caso

se pondrían de relieve códigos de carácter estético, en tanto que en el segundo, se destacaría la obscenidad. Así, a partir de la actividad neuronal, causada por un proceso perceptivo-cognitivo, se estimularían reacciones y acciones diferentes en cada uno de los sujetos.

Un hecho que ha llamado poderosamente nuestra atención, es que en marcos específicos el modelo cognitivo es capaz de activarse aún en ausencia de algunos de los estímulos habituales. Hace poco, al disponernos a ingresar a Ciudad Universitaria (UMSNH) en carro, nos detuvimos ante una de las casetas de acceso para buscar la credencial y activar el mecanismo que levantara la pluma. Al acercar la credencial al receptor electrónico, nos dimos cuenta de que la pluma había estado levantada todo el tiempo; el modelo cognitivo había determinado una percepción habitual por encima de la situación real-presente.

### Comentario final

Entonces, los modelos cognitivos se encargan, entre otras funciones, de regular el tránsito de los estímulos sensoriales al cerebro. Y no solamente eso, sino que actúan como una memoria al organizar tales estímulos en categorías taxonómicas (disforia/euforia, por decir algo).

Por último, pensamos que las redes cerebrales humanas se generan y se organizan para interactuar con las circunstancias en que un individuo se desenvuelve, y estas circunstancias dependen, inevitablemente, de un universo cultural.



SaberMás 

BARTRA, Roger (2014) [2007], *Antropología del cerebro. Conciencia, cultura y libre albedrío*, México DF: Fondo de Cultura Económica.

GEHLEN, Arnold (1980) [1940]. *El hombre. Su naturaleza y su lugar en el mundo*, Salamanca: Ediciones Sígueme.

ROMO, Ranulfo (2012). "Representación dinámica de la toma de decisiones a través de los circuitos corticales", en Ranulfo Romo y Pablo Rudomin (coords.), *Control motor y cognición. Propiedades emergentes de redes neuronales*, México DF: El Colegio Nacional.

# LA CIENCIA EN EL CINE

## El perfume

Horacio Cano Camacho



**H**oy compré un perfume. Me costó un poco de trabajo orientarme en el mundo de aromas, tipos, marcas. De entrada, habérmelas con las denominaciones: agua de tocador, agua de colonia, agua de perfume, loción para después de algo...

En realidad parece que se trata de denominaciones registradas comercialmente y que su diferencia es un asunto de concentración de las esencias y la proporción del fijador. Un perfume presenta una dilución de alrededor de 25 gramos de la mezcla de esencias, diluidas en 100 mililitros de alcohol al 96% por lo que suele ser más caro para el consumidor y dura más su fijación en la piel.

A partir de esta solución se van preparando otras muestras más diluidas. Agua de perfume, agua de tocador, agua de colonia, y más... y luego tenemos preparaciones aún más bajas en concentraciones reducidas de fijador para crear las "fragancias". El asunto es que hay un mundo de posibilidades en los perfumes. Luego vienen las combinaciones de esencias.

*Horacio Cano Camacho, Profesor Investigador del Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología y Jefe del Departamento de Comunicación de la Ciencia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.*  
hcano1gz1@mac.com

Terminé escogiendo un perfume, o más precisamente una agua de perfume (...) muy fresca, singular. Resultó una mezcla de bergamota, sándalo, vetiver, vainilla y cedrón... Interesante.

La bergamota o *Citrus bergamia* es una planta que produce un fruto parecido a una pera con piel de limón. Es originaria de Italia y su piel se utiliza para crear el aceite esencial más usado en la perfumería de todo el mundo. La composición del aceite es muy compleja, podemos encontrar canfeno, pineno, mirceno, limoneno, terpineno, linalol, geraniol, entre otros. Esto lo hace muy buscado en la industria.

*Santalum album* o sándalo es un árbol originario de la India. De su madera, luego de más de treinta años de vida, se obtiene un aceite volátil muy aromático y de composición compleja. Podemos encontrar los terpenoides santeno, teresantol, borneol, santalona y tri-ciclo-ekasantalal, entre otros.

El vetiver o *Chrysopogon zizanioides* es una gramínea de la India y de sus raíces se destila un aceite esencial del tipo sesquiterpenoide llamado vetivenol. La vainilla (*Vanilla planifolia*) es una orquídea originaria de México. De su vaina se extrae el monoterpeno vainillina responsable de su olor característico. Finalmente, la citronela, hierba del limón o cedrón (*Cymbopogon winterianus*) es una planta originaria de México y centroamérica que se usa como fuente de los monoterpenos geraniol, citronelal y citronelo, responsables de su aroma.

El mundo de las esencias siempre ha fascinado a la humanidad. Desde tiempos inmemoriales las diferentes culturas humanas le han asignado a esta capacidad vegetal poderes mágicos, místicos o de control de otros humanos.

En términos generales, las esencias o perfumes pertenecen a un grupo muy amplio de sustancias producidas por las plantas, el famoso metabolismo secundario. A través de esta serie de reacciones muy complejas se producen miles de compuestos con funciones *aleloquímicas*, es decir, tienen efectos para proteger a las plantas del ataque de patógenos, parásitos, y herbívoros. También son atrayentes de otros organismos que le sirven a la planta, tales como polinizadores, fijadores de nutrientes y controladores biológicos de plagas. Otros incluso, pueden repeler la competencia de otras plantas.

Muchos de estos metabolitos son percibidos por nosotros como aromas. Los principales de estos son los llamados aceites esenciales que pertenecen al grupo químico de los isoprenoides o terpenoides de los cuales se conocen cerca de 250,000. Estos suelen ser volátiles y tienen la capacidad de evocar en nosotros recuerdos de espacio, tiempo y objetos.

El pineno "huele a pino", el limoneno "huele a limón o cítricos", el canfor "huele a alcanfor"... Nosotros le asignamos una figura o imagen al aroma.



Cuando nuestras células olfativas (entre 20 y 30 millones) perciben el compuesto volátil o una mezcla específica, se generan señales que van al cerebro y desencadenan reacciones de respuesta. Si nosotros percibimos un olor, digamos del pineno, nuestro cerebro busca obsesivamente hasta establecer en qué condición o qué le recuerda ese olor y entonces lo asocia con una figura: bosque.

La capacidad de recordar los olores se llama memoria olfativa y esta, por fortuna, puede ser entrenada. Si nosotros nos ponemos a oler todo, con atención y sistemáticamente, y luego lo relacionamos con "algo", podemos ir creando esta memoria o "base de datos". Así funciona la "nariz", un equipo de esencias purificadas y que representan una gama amplia de aromas identificados en algunos productos, por ejemplo, en el vino. La "nariz" nos permite ir creando esta memoria a fuerza de ir reconociendo y asociando los aromas contenidos en el equipo. Luego lo vamos practicando con el vino, diferentes cepas, diferentes mezclas, diferentes orígenes, etc.

Esta amplísima introducción es para contextualizar la serie que ahora les recomiendo. Se trata de "El Perfume", presentada por Netflix, ese sistema de televisión a la carta... Si bien se llama igual





que el libro más famoso del escritor alemán Patrick Süskind (*El perfume: historia de un asesino*, 2011 Seix Barral ISBN 9788432251146) es una obra diferente, de alguna manera vinculada, pero no una versión de esta.

En la novela y la película del mismo nombre y (esta si) adaptación cinematográfica del libro (Tom Tykwer, 2006, Francia), se narra la historia de Jean Baptiste Grenouille, un niño nacido en condiciones muy duras de pobreza y abandono en el París del siglo XVIII. Jean Baptiste ha conseguido sobrevivir a un mundo muy hostil, gracias a una extraña característica: un olfato extraordinariamente desarrollado que le permite identificar, recordar y asociar cualquier cantidad de aromas, lo que lo lleva a trabajar con un maestro perfumista que le enseña las artes de purificar, sintetizar y combinar cualquier esencia, lo cual transformará y trastocará su vida y la de los que lo rodean en una trama de pasiones, obsesiones y crimen...

En nuestra serie, un thriller alemán (Philipp Kadelbach, 2018), el libro de Süskind solo sirve de pretexto e inspiración. Tras encontrar a una cantante asesinada con las glándulas odoríferas extirpadas, un dueto de detectives investigan a un grupo de amigos que asistió al mismo internado que ella.

La historia se desarrolla en una pequeña población alemana del Bajo Rin. El caso se lo asignan a la detective Nadja Simon (Friederike Bencht) y su colega Matthias Köhler (Jürgen Maurer). No pretendo contarla, pero el hilo conductor de los amigos parece ser una extraña obsesión por los aromas y el libro de *El perfume*. Como en la novela, la creación de la memoria olfativa deriva en una obsesión por encontrar la esencia de todo aquello que vale la pena conservar... la pasión puede despertar valores, lealtades, pero la obsesión destruye.

El asunto es que la Serie de Netflix, dividida en seis episodios, gira en torno al mundo de los olores, recuperando la idea de que controlando el aroma, el olor, se controla la esencia de las cosas y se puede manipular a los demás. Todos tenemos la idea de que el olor juega un papel muy importante en nuestro vínculo con los demás y pensamos que controlando ese "olor" podríamos atraer (o repeler) a los otros a nuestra voluntad. A fin de cuentas queremos oler bien, para sentirnos bien y para dar una "buena impresión" a los demás. Por ello buscamos y nos afanamos con los perfumes y derivados.

Podemos entender que las plantas usen una gran cantidad de energía y materiales en producir sustancias que les vinculen con el entorno. Una planta debe hacer frente a diferentes interacciones y condiciones ambientales en el sitio donde germinó la semilla que le dio origen. No puede irse a otro lado. Y esas miles y miles de sustancias, que nosotros identificamos con olores, tienen esa función. Algunas de ellas incluso están estructuralmente o químicamente relacionadas con otras producidas por los animales.

Aceptamos que la comunicación química también es fundamental en las interacciones de los animales entre ellos y con su entorno (allí están las feromonas en insectos, los olores "sexuales" en mamíferos), pero es muy diferente que podamos usarlas para manipular la voluntad de otros. En realidad no se conocen feromonas en humanos y mucho menos esa suerte de "elixir erótico" que los comerciantes pretenden vendernos aprovechando nuestra ilusión por el control. Hay algunas sustancias candidatas a ser consideradas feromonas humanas, como la androstenediona y el estratetraenol presente en los testículos, semen, sudor, pero estas "candidatas" están muy lejos de comportarse como en *El perfume* y para nada se relacionan con las esencias vegetales.

La razón tiene que ver con que los aromas venidos de las plantas tienen una reacción diferente para cada uno de nosotros y seguramente las extraídas de nosotros mismos (si es que algún día se logra) también...

Todos los humanos tenemos una nube formada de bacterias y que cada uno de nosotros diferimos en ella, es decir, es personal y nos marca como una huella digital. Todos los humanos por-

tamos comunidades de microorganismos dentro y fuera de nuestros cuerpos: en el tracto digestivo, el tracto respiratorio, en los genitales, la piel, el cabello. Esta microbiota es muy abundante. Es difícil estimar cuantos bichos nos habitan, pero podemos decir que son millones y millones. Nuestro genoma o cantidad total de ADN en cada célula se compone de alrededor de tres mil millones de las piezas que lo forman, mientras que el genoma de la microbiota en conjunto, es cien veces mayor (la estimación es muy controvertida aun). Tenemos cerca de 20,000 genes que determinan lo que somos, mientras nuestros pasajeros tienen alrededor de 400,000.

Enfoquémonos en los organismos que nos envuelven para descubrir que la situación es más compleja que simplemente vivir en nuestra piel. Las bacterias asociadas a los humanos forman una especie de nube que va desde la superficie de la piel, hasta una suerte de aerosol que nos envuelve. Esta nube la vamos dispersando a nuestro alrededor por contacto directo con otros o como un aerosol que emite partículas desde nuestra piel, cabello, el aliento o la ropa. En espacios cerrados como una habitación se encuentra una mezcla de polvo con células muertas de nuestra piel y partículas bacterianas de todos los que pasamos por allí (no es sólo aire...).

Es tal la complejidad de estas comunidades que una persona que se sienta en una silla, "dejará" su huella, incluso podremos identificar la parte del cuerpo que tocó el asiento.

No hay todavía una explicación completa de la función de esta nube, pero todo indica que tienen un papel en la biología humana. Por lo pronto podemos identificar las comunidades bacterianas en el *bioaerosol* en espacios cerrados como una habitación. Si nos mudamos a una habitación nueva, bastan unos pocos días, para que se puedan identificar bacterias específicas que despedimos al aire. Como si fuésemos creando o construyendo un hábitat y una atmósfera particular, al grado de que podríamos identificar, mediante un análisis de aire, que persona ha estado allí...

Al parecer, este fenómeno está realmente involucrado en la interacción con otros humanos. Cada nube es propia, decíamos anteriormente, como si cada uno de nosotros portara la suya y con las otras nubes se definirían nuestras interacciones con los demás.

De manera que la relación de los olores y los efectos variarían de persona a persona de una manera aun no conocida. De hecho, un perfume no huele igual en dos personas distintas ni tampoco en el papelito de muestra que nos dan en las perfumerías. Nuestra bacterias particulares transformarían ineludiblemente lo que nos pongamos hasta dar su marca propia, que no siempre es lo que esperábamos.

Son muchas las preguntas que me surgen y seguramente a ustedes también: ¿están los *bioaerosoles* involucrados en el establecimiento de las relaciones de pareja? Si nosotros, por un mecanismo aun desconocido, tal vez el olfato, pudiéramos identificar la nube del otro u otra y si son, de alguna manera compatibles, entonces se activarían los mecanismos bioquímicos de empatía.

¿Esta nube está involucrada en la identificación de potenciales inmunológicos en el otro (otra), de tal manera que lo que se selecciona para reproducirse no es el físico sino este potencial para heredar a la descendencia? Esto implicaría que la función de este aerosol bacteriano es la selección del mejor reproductor...

Por lo pronto sabemos que el olfato es determinante en la formación de parejas y en la empatía con los demás. Piénselo, en ocasiones no sabemos conscientemente por que esa chica nos atrae tan poderosamente o por que nos cae mal una persona que no nos ha hecho nada.

Son muchas preguntas las que me surgieron viendo *El Perfume*, tanto en su versión libro, como la película o la nueva serie que reinterpreta la historia original. Véala, pasará un buen rato con una producción vertiginosa, sombría, donde el olor y los aromas son mortales en un thriller oscuro, con un ritmo lento e inquietante.



# EXPERIMENTA

## Arcoíris líquido

Vamos hacer un colorido arcoíris muy divertido y fácil de realizar, con este experimento podemos demostrar la densidad de cada ingrediente que vamos a usar, apreciaremos que los líquidos que tiene mayor densidad quedaran en el fondo y los de menor densidad se acomodaran hacia arriba.

### Necesitas

- 1.- Dos vasos transparentes de 300ml
- 2.- Colorante alimenticio varios colores
- 3.- Jarabe de maíz o de miel (50ml)
- 4.- Lava vajilla líquida o detergente líquido (ml)
- 5.- Agua (50 ml)
- 6.- Aceite vegetal (50ml)



### ¿Qué hacer?

Como primer paso lo que hay que hacer es aplicar unas gotas de colorante alimenticio a cada uno de los ingredientes y colocar un volumen igual de éstos en el vaso de 300 ml. La cantidad de colorante es de acuerdo al color que te guste (más claro o más oscuro). Conforme vayamos colocando los ingredientes apreciaremos que cada líquido va tomando la posición de acuerdo a su densidad y tendrás los colores como el de un arcoíris.

Por EXPER el 25-09-2018 Categoría: Divertidos, Experimentos de química



# Más que solo un hongo

Idea original, textos e ilustraciones: Sofía Wence

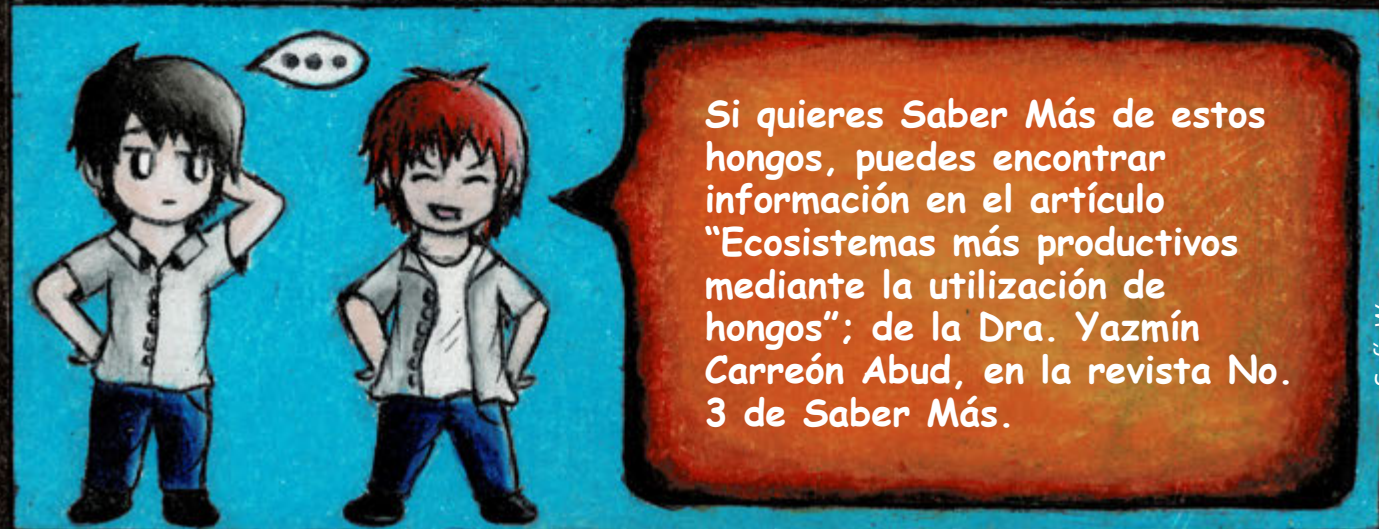


¡Mira, qué hongo tan hermoso!



¡Es un hongo saprófito! Al contrario de su fama de tóxicos, son los únicos que

pueden degradar compuestos que causan contaminación a los ecosistemas.



Si quieres Saber Más de estos hongos, puedes encontrar información en el artículo "Ecosistemas más productivos mediante la utilización de hongos"; de la Dra. Yazmín Carreón Abud, en la revista No. 3 de Saber Más.

Sofía Wence

