

Pregones *de* Ciencia



Por una cultura
científica común.
Revista multidisciplinaria
de ciencia y arte

No. 7



Pregones de Ciencia

Por una cultura científica común / Revista multidisciplinaria de ciencia y arte

NO. 7

Universidad Veracruzana

Editorial

Mesa Directiva

Rector

Dr. Martín Aguilar Sánchez

Secretaría Académica

Fundador-Director Honorífico

Dr. Juan Ortiz Escamilla

Secretaría de Desarrollo Institucional

Dra. Jaqueline del Carmen Jongitud Zamora

Dirección General de Tecnología de Información

Dra. María Dacia González Cruz

Director de la Editorial

Mtro. Agustín del Moral Tejeda

Director General de Investigaciones y de Pregones de Ciencia

Dr. Roberto Zenteno Cuevas

Responsable editorial

Editora responsable

Mtra. Roxana Ivette Zermeño Rivas

Editora adjunta /correctora

Mtra. María Luz Pérez Lorenzo

Diseño editorial

Mtro. Fernando Piña Campos

Instituto de Artes Plásticas

Diseño de portada

Dr. José Manuel Morelos

Instituto de Artes Plásticas

Colaboración de Ilustraciones

Gerardo Vargas

Instituto de Artes Plásticas

Fotografía y asistente editorial

L.F. Sara Marquina Flores

Asistente editorial

Yessica del Carmen Morales Baruch

Jessica Daniela Pineda Muñoz

Pregones de Ciencia. Por una cultura científica común / Revista multidisciplinaria de ciencia y arte de la Universidad Veracruzana, **número 7, septiembre de 2025**, es una publicación semestral editada y distribuida por la Universidad Veracruzana a través de la Dirección General de Investigaciones, Calle Dr. Luis Castelazo Ayala, Industrial Las Ánimas, C.P. 91193 Xalapa-Enríquez, Ver., México. Con certificado de reserva de derechos al Uso Exclusivo No. 04-2023-031517364200-102 del 7 de febrero de 2023, expedido por el Instituto Nacional del Derecho de Autor (Indautor). ISSN 3061-7898. Correo electrónico pregonesciencia@uv.mx y página web <https://pregonesciencia.uv.mx/index.php/pregonesciencia>. Director de la revista: Roberto Zenteno Cuevas. Editora responsable: Mtra. Roxana Zermeño Rivas. Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente la postura de los editores. La originalidad de los contenidos queda bajo estricta responsabilidad del autor. Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación, sin previa autorización de la Editorial de la Universidad Veracruzana. Su consulta es gratuita.

<https://doi.org/10.25009/pc.vi1>

CONSEJO EDITORIAL

Dra. Adriana Sandoval Comte	Instituto de Ecología A. C. / México
Dra. Ahtziri Eréndira Molina Roldán	Universidad Veracruzana / México
Dr. Carlos René Rodríguez Garcés	University of Bío-Bío / Chile
Ed. José Israel Carranza	Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente / México
Dra. Kathia Marcela Zaleta Rivera	Université de Tours / Francia
Ed. María Clara Diez	Universidad de Buenos Aires / Argentina
Dra. María Cristina Ortiz León	Universidad Veracruzana / México
Dra. Valeria Edelsztejn	Instituto Tecnológico de Buenos Aires / Argentina

COMITÉ CIENTÍFICO Y TÉCNICO

Dr. Ángel Rafael Trigós Landa	Centro de Investigación en Micología Aplicada
Dr. Francisco Díaz Fleischer	Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada
Dr. Jonathan Cueto Escobedo	Instituto de Ciencias de la Salud
Dr. Jorge Luis Arellanes Hernández	Instituto de Investigaciones Psicológicas
Dr. Arturo Guillaumín Tostado	Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores Económicos y Sociales
Dr. Efrén Mezura Montes	Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial
Dr. Francisco Gabriel Hernández Zamora	Facultad de Matemáticas
Dr. Héctor H. Cerecedo Núñez	Facultad de Física
Dra. Carolina Barrientos Salcedo	Facultad de Bioanálisis
Dra. Clara Luz Sampieri Ramírez	Instituto de Salud Pública
Dra. Lourdes Budar Jiménez	Facultad de Antropología
Dra. Marcela Quiroz Castellanos	Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial
Dra. Martha Lorena Avendaño Garrido	Facultad de Matemáticas
Dra. Minerva Hernández Lozano	Facultad de Química Farmacéutica Biológica
Dra. Azminda Román Nieto	Museo de Antropología de Xalapa
Dra. Margarita Meza Manzanilla	Instituto de Antropología
Dra. Cynthia Maribel Palomino Alarcón	Editorial

Pregones de Ciencia



Sitio OJS: <https://pregonesdeciencia.uv.mx/>

Facebook: Pregones de Ciencia

Instagram: @divulgacion_dgi_uv

Escribenos a: pregonesdeciencia@uv.mx

Teléfono: 2288 418900 Ext. 13114

Dirección: Luis Castelazo Ayala, Industrial Las Ánimas, C.P. 91193
Xalapa-Enríquez, Veracruz de Ignacio de la Llave, México.

Reserva de derechos de autor exclusivo al nombre

Indautor: 04-2023-031517364200-102

Certificado de licitud de título y contenido e ISSN: 3061-7898.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

Los textos publicados en esta revista son responsabilidad única de quien lo escribe y no reflejan, necesariamente, la postura de la Universidad Veracruzana ni de *Pregones de Ciencia*. Nuestro objetivo es la difusión del conocimiento científico y promover un debate crítico y constructivo. Por esta razón, invitamos a leerlos con detenimiento, analizar con profundidad y expresar con respeto sus opiniones.

Nota Editorial

En este número de la revista *Pregones de Ciencia* haremos un recorrido por los hábitats de los hongos y las bacterias, y el impacto del calentamiento global en nuestro planeta y en el espacio exterior.

El suelo es un ecosistema que conecta a la vida en la superficie con la vida subterránea, en donde se dan interacciones vitales para los ecosistemas. En este número veremos cómo los hongos patógenos pueden causar estragos cuando proliferan como consecuencia de la agricultura intensiva. Sin embargo, con el uso de bacterias extremófilas se ha logrado el control biológico de los hongos patógenos.

Aprenderemos que las bacterias extremófilas son organismos que viven en lugares que se consideraban muy extremos para albergar vida, como es el caso del Pico de Orizaba. El uso de estas bacterias reduce la dependencia en los agroquímicos que tanto dañan en la salud de los ecosistemas y los seres humanos.

A través de la biotecnología se ha logrado desarrollar con éxito la técnica del insecto estéril: se emplea para combatir plagas agrícolas, por ejemplo, la mosca del Mediterráneo. Esta técnica implica esterilizar a millones de moscas macho y a liberarlos en la vida silvestre, logrando así que se apareen con las hembras y provocando una reducción en el tamaño de la población considerada plaga.

Actualmente, vivimos los estragos del cambio climático, año con año esperamos temperaturas más altas, inundaciones extremas, y sequías más intensas, lo que amenaza a la producción mundial de alimentos. Esta situación nos ha orillado a desarrollar cultivos resistentes a estos cambios extremos, por lo que la labor que se realiza en los Centros de Conservación de Semillas en México es de extrema importancia para garantizar la producción de alimentos. En nuestro país un elemento de producción de alimentos es la ganadería. Especies como el búfalo de agua se están convirtiendo en opciones viables para minimizar el impacto ambiental.

Cerramos este número de la revista con dos cuentos sobresalientes. El primero nos narra cómo la Diosa Xochiquétzal creó el planeta, mientras que, en el segundo, leeremos sobre “los huertos de los pueblos rurales del Limari, un hermoso valle de la región de Coquimbo, Chile”.

Les invitamos a disfrutar de este viaje sorprendente a través de los cuerpos microscópicos, los suelos, los huertos rurales y la producción de alimentos, imaginando también la creación de nuestro planeta. Con este número aprenderemos del suelo al cielo, dejemos volar nuestra imaginación y permitámonos crear soluciones reales a problemáticas globales.

Arturo Serrano Solís

Contenido

- 08 La muerte descendente. Una enfermedad silenciosa de los árboles frutales**
Liliana Eunice Saucedo Picazo
Norma Flores Estévez
Juan Carlos Noa Carrazana
- 12 La técnica del insecto estéril: planeación familiar en beneficio de nuestra alimentación y salud**
Diana Pérez Staples
- 18 Hongos del suelo: ¿aliados invisibles o enemigos ocultos en los bosques tropicales?**
María Mabel de Jesús Alarcón
Antonio Andrade Torres
Laura Yesenia Solís Ramos
- 24 Búfalos y vacas: nueva perspectiva para los suelos tropicales**
América Isabel Ortiz Carmona
Yareni Perroni Ventura
Ángel Héctor Hernández Romero
- 30 Biotecnología al alcance de tu mano**
Fátima Reyes Alejandro
- 34 La desecación del ambiente y el estrés hídrico en semillas**
Candelaria Garcias Morales
Lázaro Rafael Sánchez Velázquez
- 40 Bacterias amigas: esenciales para la salud vegetal y la productividad agrícola**
Oscar Ceballos Luna
Alex Amir López Márquez
Héctor Santiago Hernández Navarro

- 46 El sentido de la electricidad /
A Sense of Electricity**
Dinesh Rao
Traducción: Luis Esparza Serra
- 52 Historia de la Fitopatología en México**
Javier Camacho Morales
Heidi Daniela Ceballos Vargas
Linda Irene Camacho Morales
- 58 Fruticultura mexicana en riesgo:
mosca del Mediterráneo estéril como
herramienta de control**
José Arredondo
Francisco Díaz Fleischer
- 64 El diagrama: un beso interseccional entre
arte y ciencia**
Rodolfo Sousa Ortega
- 70 El obsequio de Xochiquétzal**
Perla Hernández García
- 76 El festival bajo las parras del Limari**
Eduardo Antonio Jaime Muñoz
- 82 De la Rosa: dispuesto siempre a enseñarle
a todo aquel que quiera**
Entrevista a Alberto de la Rosa
- 88 Péter Pócs con nosotros... otra vez**
José Manuel Morelos Villegas

La muerte descendente.

Una enfermedad silenciosa de los árboles frutales

Liliana Eunice Saucedo Picazo,
Norma Flores Estévez y
Juan Carlos Noa Carrazana

Las plantas, también llamadas hospederos cuando albergan plagas o enfermedades, comparten con su entorno factores que perjudican o benefician su crecimiento; los más diversos son los bióticos, tales como animales, insectos y microorganismos. El papel de estos últimos es fundamental, ya que cuando son benéficos, las plantas aprovechan los compuestos producidos por ellos (minerales y productos orgánicos), en muchos casos, indispensables para completar su ciclo de vida. Por otro lado, los patógenos son el grupo de microorganismos que dañan a las plantas, causan enfermedades que limitan su desarrollo y reproducción, e incluso causan su muerte.

Existen diversos grupos de organismos microscópicos patogénicos: hongos, bacterias, virus, entre otros. El grupo más importante son los hongos. Estos generan enfermedades denominadas *fúngicas* en plantas de interés agrícola, forestal y ornamental. Los hongos producen estructuras llamadas esporas, conidio, hifas algodonosas de color oscuro, que les permiten dispersarse e invadir a otras plantas, dañándolas hasta causar su muerte (Figura 1). En cultivos de interés agrícola, las enfermedades fúngicas pueden provocar la pérdida de huertas completas. Antecedentes históricos narran cómo, a mediados del siglo XIX, hongos causantes de pudriciones en tubérculos de papa, en gran parte de los países nórdicos de Europa, provocaron la muerte de las plantas generando hambruna, muerte y obligando a una gran parte de la población a migrar a otros lugares.



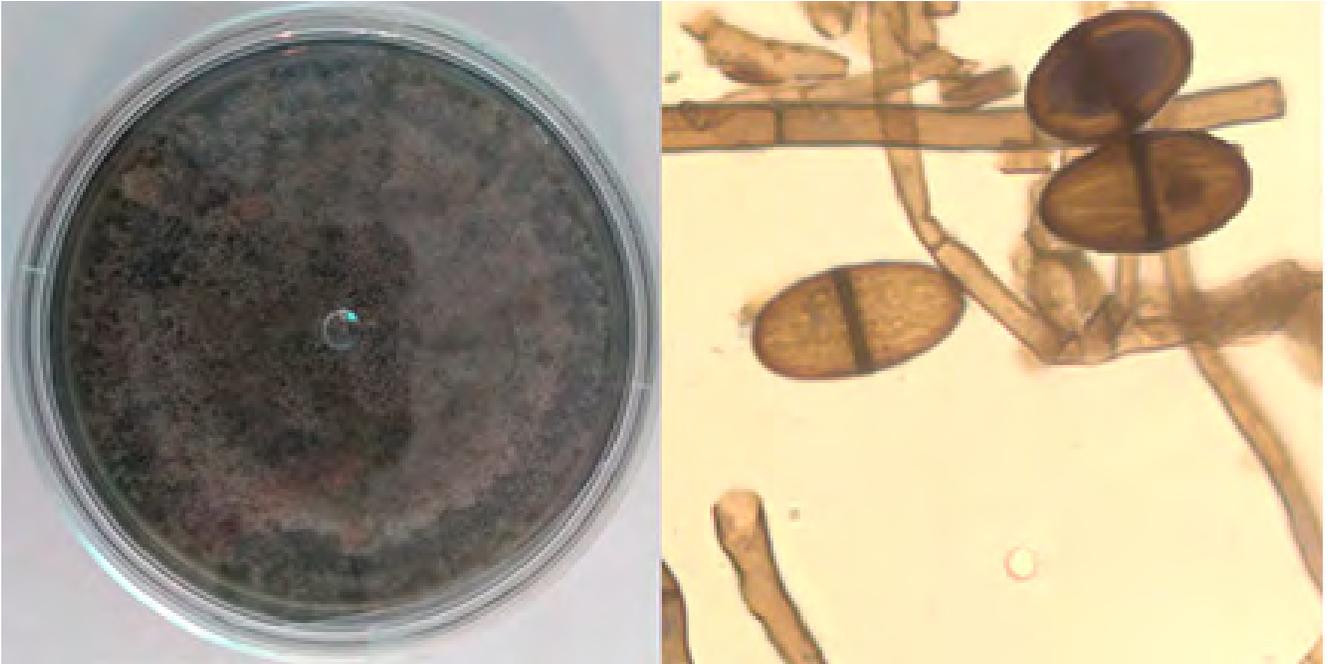


Figura 1. Crecimiento micelio en cajas Petri con medio PDA y micrografías de conidios maduros de *Lasiodiplodia* spp. Fotografía: Liliana Saucedo Picazo.

¿Existen enfermedades fúngicas en plantas agrícolas de México?

¡Sin duda!, en todo México se han reportado innumerables enfermedades en plantas; los hongos atacan a maíz, frijol, chile, plátano y uvas, entre otros cultivos. Diferentes partes de las plantas pueden ser dañadas, incluidas sus flores y sus frutos; por ejemplo, cuando vemos los plátanos o mangos con manchas negras, costras o podredumbres, en la mayoría de los casos, son causadas por hongos.

Así que cuando veas manchas en las frutas, si eres buen observador, notarás que los hongos presentes les están ocasionando varios males.

La muerte descendente y sus implicaciones en cultivos frutícolas

Una enfermedad silenciosa, producida por hongos, que causa gran impacto en los cultivos agrícolas, es la *muerte descendente*; esta se presenta principalmente en árboles o arbustos de interés agroforestal y frutícola. El presente texto se centra en los árboles frutales, fundamentales en países como México, debido a la generación de empleos, al consumo regional y la derrama económica derivada de las exportaciones de las frutas. Muchas toneladas de este recurso natural son enviadas desde nuestro país, cada día, a diversos países como Estados Unidos, Inglaterra, Japón, Holanda, entre

otros; además, cabe mencionar su gran aceptación en las mesas de todos los mexicanos, donde, por su gran sabor, aroma y variedad de color, se disfrutan en fresco, a cualquier hora del día.

En ocasiones, la fruta también se disfruta en forma de productos derivados como las mermeladas, los ates, el chocolate, los jugos y las conservas.

En los árboles propensos a ser atacados por la enfermedad de la muerte descendente no existe excepción de edades o variedades, pues esta se presenta en árboles jóvenes y adultos; en cuanto a los síntomas que se observan en campo, son variados y en sus inicios silenciosos o pocos visibles. Se puede percibir desde el amarillamiento en las hojas, escasa presencia de una goma color ámbar en ramas secundarias y terciarias, hasta pudriciones más visibles de ramas y troncos (Figura 2). Los árboles, claramente afectados, muestran decaimiento, cambios en la inclinación o postura habitual y, al paso de los meses, la muerte.

Además, la muerte descendente suele dispersarse a otros árboles que estén sanos, por las propias estructuras reproductivas del hongo y también por la intervención del hombre. Algunos procesos de infección se producen desde la siembra de plántulas injertadas con fragmentos de árboles enfermos, por no desinfectar las herramientas de poda y utilizarlas en otros árboles o nuevas parcelas, por realizar las podas de saneamiento y mejora de la arquitectura del árbol en época de lluvias y por no aplicar fungicidas después de la época de poda.

En México existen pocas regulaciones sobre los viveros que venden plántulas y, en la mayoría de los casos, estas actividades y cuidados no son realizadas con conocimiento de causa por los agricultores y trabajadores agrícolas.

La enfermedad de la muerte descendente se ha registrado en diversos países de distintas regiones del mundo, entre ellos, Brasil, Estados Unidos, Argentina, Perú, India, Italia, China, Japón y Australia. En México existen reportes para diversos frutales dañados como mango, papaya, limón, cacao, guanábana, manzana, arándanos, moras, limón, coco, cacao, por mencionar algunos; sin embargo, no siempre las especies de hongo causantes de la enfermedad de la muerte han sido las mismas.

Especies de hongos causantes de muerte descendente

Los hongos ascomicetos reunidos en la familia *Botryosphaeriaceae* son los principales causantes de la muerte de ramas y árboles alrededor del mundo. Los géneros de esta familia patogénica que han causado mayor impacto y pérdida de árboles son *Botryosphaeria*, *Diplodia*, *Lasiodiplodia* y *Neofusicoccum*. Estos completan su ciclo de vida en los árboles y se dispersan, principalmente durante la época de lluvias. Cuando llegan a un nuevo hospedero, aprovechan las heridas causadas por herramientas agrícolas, daños de insectos barrenadores y descortezadores y aberturas naturales como lenticelas, para invadir las plantas y establecerse en ellas.

***Lasiodiplodia* es el género más estudiado en muchos frutales como vid, arándano y mango, donde, en repetidas ocasiones y desde el inicio, logra colonizar las plantas de manera furtiva.**

¿Por qué se considera una enfermedad silenciosa?

Muchos de los hongos descritos conviven en las plantas hospederas sin causar daños aparentes, estando presentes en una condición de inocuidad para el árbol, por lo que pueden ser llamados *endófitos*. Sin embargo, bajo ciertas condiciones estresantes del entorno de los árboles que habitan en parcelas y huertas, como la escasez de agua o los cambios extremos de temperatura, pasan de ser inocuos a ser patógenos de gran virulencia y severidad, de acuerdo con los daños que ocasionan. Cuando se da el proceso de infección a través de una estructura reproductiva, el hongo logra invadir lentamente y alojarse en los conductos del árbol que transportan agua (xilema) y nutrientes (floema); una vez ahí, se desplazan a través de estos conductos, generando la sintomatología característica de la enfermedad. Una característica a tomar en cuenta es que los síntomas se presentan en meses e incluso años después de la llegada del hongo.

La muerte descendente de frutales es una enfermedad silenciosa, porque no se detecta a tiempo; los agricultores, en su mayoría, la confunden con otra enfermedad o deficiencia de algún nutriente, por ello muchas veces no pueden eliminar la enfermedad antes de su propagación. No existe cura definitiva en los árboles que tienen la enfermedad en grado avanzado y, al final, los hongos provocan lentamente la muerte de su hospedero.

Para controlar y evitar la muerte temprana de los árboles, los agricultores aplican controles químicos y, en algunos casos, biológicos; además, realizan podas de saneamiento; pese a estas medidas, muchos árboles no logran salvarse y se mueren o son sustituidos en las parcelas, aun con el riesgo de que el nuevo árbol se infecte en etapas tempranas, debido a los restos vegetales enfermos que quedan en el campo. No cabe duda



Figura 2. Síntomas de la muerte descendente en árboles de mango: gomosis, pudriciones y muerte descendente. Fotografía: Juan Carlos Noa Carrazana.



de que, para reducir el contagio de nuevos árboles, se requiere de un plan de manejo en las huertas a cargo de los agricultores.

Cuando la enfermedad se presenta en un árbol, se sugiere la eliminación de este como forma de evitar la propagación en los demás.

Algunos estudios se han centrado en el mejoramiento genético de frutales, cultivando variedades resistentes a la enfermedad, pero este es un proceso lento, y se necesita tiempo y más investigación para poder comprobar que, en efecto, las plantas logren sobrevivir. Por lo anterior, se requiere urgentemente la creación de nuevas variedades resistentes por país o zona productiva, pues cada zona presenta diferentes condiciones climáticas, lo que ayuda o perjudica el desarrollo del hongo, además cada variedad se puede volver tolerante o resistente, de acuerdo con la zona geográfica.

Conclusión

Es necesario realizar más estudios sobre esta enfermedad, sus agentes infecciosos y las condiciones que prevalecen en el entorno donde las plantas crecen. Aún queda mucho por hacer.

La muerte descendente es una enfermedad silenciosa, causada por diferentes tipos de hongos; estos entran en los tejidos y lentamente ocasionan el declive de la planta hospedera. Cuando los hongos atacan de

lleno, se ve un exudado pegajoso en ramas llamado gomosis, pudrición en ramas y troncos y al fin la muerte. Un obstáculo para detectar y controlar la muerte silenciosa es que esta no se muestra de inmediato, sino pasados muchos meses, o incluso años después estar infectada, por lo que en contrarla a tiempo es un gran desafío. Manejar una infección implica un manejo correcto y rápido por parte del agricultor. Urge llevar a cabo trabajos colaborativos de integración, donde participen la ecología y la biotecnología con vistas a la mejora genética, la creación de plantas tolerantes y la implementación de estrategias amigables de control; solo así se conseguirá frenar la enfermedad silenciosa de los árboles frutales.

Referencias

- Bautista Cruz, M. A., Almaguer Vargas, G., Leyva Mir, S. G., Colinas León, M. T., Correia, K. C., Camacho Tapia, M., Robles Yereña, L., Michereff, S. J. & Tovar-Pedraza, J. M. (2019). Phylogeny, Distribution, and Pathogenicity of *Lasiodiplodia* Species Associated With Cankers and Dieback Symptoms of Persian Lime in Mexico. *Plant disease*, 103(6), 1156-1165. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-18-1036-RE>
- Sandoval Sánchez, M., Nieto Ángel, D., Sandoval Islas, J. S., Téliz Ortiz, D., Orozco Santos, M. & Silva Rojas, H. (2013). Hongos asociados a pudrición del pedúnculo y muerte descendente del mango (*Mangifera indica* L.). *Agrociencia*, 47(1), 61-73. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v47n1/v47n1a6.pdf>
- Saucedo Picazo, L. E., Hernández Montiel, L. G., Flores Estévez, N., Gerez-Fernández, P., Argüello Ortiz, A. F. & Noa Carrazana, J. C. (2022). Coinfection and in vitro interaction of *Lasiodiplodia pseudotheobromae* and *Pestalotiopsis mangiferae* associated with dieback in branches of mango (*Mangifera indica*) Manila variety, in Veracruz, Mexico. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 40(3), 308-329. <https://doi.org/10.18781/rmex.fit.2203-4>
- Valle De la Paz, M., Guillén Sánchez, D., Perales Rosas, D., López Martínez, V., Juárez López, P., Martínez Fernández, E., Hernández Arenas, M., Ariza Flores, R. & Gijón Hernández, A. R. (2019). Distribución, incidencia y severidad de la muerte descendente (*Lasiodiplodia* spp.) en lima persa en Morelos, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 37(3). http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092019000300008



La técnica del insecto estéril: planeación familiar en beneficio de nuestra alimentación y salud

En nuestro planeta existen muchos insectos benéficos. Sin las abejas y otros polinizadores no tendríamos la gran variedad de alimentos con los que contamos hoy. Algunas de nuestras frutas y verduras preferidas como los mangos, las fresas, las manzanas, los pepinos etcétera, dependen enteramente de insectos polinizadores. Desafortunadamente, el cambio climático, la deforestación y los cambios brutales que los humanos hemos provocado en nuestro planeta, han llevado a una extinción masiva de insectos, durante el periodo que ahora es conocido como el *Antropoceno*. Se calcula que un tercio de las especies de insectos están en peligro de extinción y el 40%, en declive.

El uso indiscriminado de insecticidas y pesticidas ha contribuido en gran medida a esta extinción o reducción de la variedad de insectos.

Los insecticidas químicos o pesticidas tienen impacto negativo en la biodiversidad, ya sea por un efecto directo o indirecto, como puede ser la contaminación del suelo o del agua; asimismo, provocan daños para nuestra salud: vómito, cáncer o defectos en el nacimiento, entre otros. Por lo anterior, desde hace varios años, se buscan métodos amigables al ambiente para controlar plagas agrícolas, vectores de enfermedades o parásitos de animales, de manera que se logren manejar las poblaciones de insectos dañinos sin afectar a los insectos benéficos como las abejas.

No es que los insectos, plaga o vectores de enfermedades, sean “malos”, pero por su biología dañan a cultivos que nos importan,



Figura 1. Cópula de la mosca mexicana de la fruta.

o nos transmiten enfermedades. Por ejemplo, algunas moscas de la fruta o polillas ponen sus huevos en la fruta o en las verduras y, a partir de estos, se desarrollan los gusanos dentro de la pulpa. Obviamente, esa fruta infestada ya no se puede vender en el mercado o exportar. ¡Claro, aunque no sea peligroso para nuestra salud, nadie se quiere comer un mango o un pepino con gusanos!

Afortunadamente, se ha desarrollado un método de control de natalidad llamada la Técnica del Insecto Estéril (TIE). Imagina que entras a una fábrica, pero en vez de estar rodeado de maquinaria para la producción de objetos, te encuentras rodeado por charolas y charolas con millones de insectos... No, no es una película de terror, es una técnica de control; un tipo de “planeación familiar” para insectos. En estas fábricas se producen millones y millones de insectos nocivos, luego se irradian con energía nuclear o con rayos X para que sean estériles y después son liberados en las áreas infectadas.

En algunos casos, los insectos estériles viajan por vía terrestre y hasta por avión para que los expertos en su manejo los vayan soltando, poco a poco, sobre los cultivos infectados.

Los machos viajeros, previamente estériles, buscan a las hembras silvestres del campo, copulan con ellas, pero no podrán reproducirse, porque el esperma del macho estéril no permite que se fertilicen los huevos.

La TIE es muy amigable con el ambiente, porque no utiliza insecticidas, no daña a otras especies y es específica para la plaga que se quiere combatir. Además, en su forma tradicional, no usa transgénicos, ni otro material genético que no sea de la misma especie-plaga. Esta ingeniosa técnica la empezaron a desarrollar, a partir de 1930, los doctores Bushland y Knippling; sin embargo, la Segunda Guerra Mundial puso en pausa sus investigaciones, por lo que realmente se empezó a utilizar hasta 1954 en la isla de Curazao. Después de ese ensayo piloto, se logró erradicar el gusano barrenador de Estados Unidos, luego en México, Centro América y hasta en Libia; incluso ha sido empleada para erradicar a la palomilla de la manzana en Canadá, la palomilla del algodón en Arizona y en Sonora, la mosca del Mediterráneo en la República Dominicana y el gorgojo de la patata en Japón, entre otros países. En los casos en donde se ha erradicado totalmente al insecto ha sido porque la plaga es invasiva y no nativa del país.



Figura 2. Cría masiva de la Mosca del Mediterráneo, Metapa de Domínguez, Chiapas.

La TIE es un claro ejemplo del uso de una herramienta biotecnológica basada en un conocimiento profundo de la ecología y la biología de los seres vivos. Al respecto, actualmente México cuenta con programas exitosos a través de los que se controla a especies nativas como la mosca mexicana de la fruta y la mosca de las ciruelas. También contamos con una nueva planta de cría y esterilización de moscas del Mediterráneo, con innovaciones en la producción y cría de dichos insectos. Por otro lado, en nuestro país se está desarrollando la TIE en contra de mosquitos, con programas piloto en Chiapas y en Mérida, y dada la rápida re-invasión del gusano barrenador desde Panamá a otros países centroamericanos, próximamente se volverán a producir estos insectos estériles en México.

Existen algunos mitos y desinformación sobre la TIE.

Uno de los principales es cuando muchas personas piensan que los insectos estériles son radiactivos; tampoco son insectos que te podrían picar como el arácnido en el Hombre Araña; ni es ciencia de un científico loco de los cómics. Los insectos tratados, efectivamente, se irradian y se vuelven estériles, mas no son radiactivos y no son riesgosos para los humanos. Hoy en día, además, se están desarrollando equipos de rayos X que irradian a los insectos sin el uso de energía nuclear. En el caso de los mosquitos, se libera solamente a los machos, los cuales no pican, ni transmiten enfermedades.

Ninguna técnica es perfecta, y se requiere investigación para poder mejorarla. En el Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA) de la Universidad Veracruzana hacemos investigación enfocada en proponer mejoras a ciertos aspectos de la TIE y generar información de la biología básica y reproducción de moscas de la fruta, mosquitos y la mosca vampiro aviar. Algunas de las mejoras propuestas son las proporciones sexuales óptimas durante la cría, dietas para los adultos, el uso de la inteligencia artificial para determinar la edad de las pupas y el uso de los rayos X para esterilizar en sustitución de los rayos gamma, entre otras. También hemos aportado información sobre cómo las sustancias (eyaculado) que el macho le transmite a las hembras durante la cópula, afecta el comportamiento reproductivo de estas plagas y vectores.

Mejoras a las TIE

Uno de los problemas que disminuye la efectividad de la TIE es que las hembras silvestres generalmente prefieren copular con machos silvestres y no con los machos producidos en “fábricas”: las hembras son muy selectivas, por lo que es necesario encontrar maneras para hacer a los machos estériles más atractivos, ¿Cómo se podría lograr esto? Pues resulta que, al igual que los humanos, los insectos estériles deben comer bien, comportarse bien y oler bien.

Primero, hay que dotarlos de una dieta rica en proteína, porque si se les alimenta con pura azúcar se vuelven muy débiles, lo que no les gusta a las hembras; además, si comen solo azúcar, transmiten menos espermatozoides que los machos que consumen

proteína. La proteína hidrolizada es un complemento nutricional importante para mejorar la competitividad sexual. Después de que se esteriliza a los insectos, se transportan a centros de empaque y liberación. En el caso de las moscas de la fruta, pueden permanecer ahí de 2 a 5 días antes de que los machos sean liberados en campo. Durante este tiempo, es importante darles una dieta adecuada. El consumo de proteína durante la etapa adulta permite a los machos desarrollar una mejor capacidad reproductiva, incluyendo mayor producción de feromonas sexuales, así como un incremento en la señalización sexual y el vigor general durante el cortejo, resultando en machos más competitivos, que tienen mayor probabilidad de aparearse exitosamente con hembras silvestres.

Segundo, deben comportarse bien. Resulta que los machos de las “fábricas”, en ocasiones, presentan comportamientos diferentes que los machos silvestres y esto no les gusta a las hembras. Algunos cambios pueden ser: reducción en la selectividad de pareja, menor complejidad en el cortejo, alteraciones en los tiempos en los que deberían llevar a cabo la actividad sexual, tales como los cortejos o la producción de feromonas (un tipo de perfume que producen generalmente los machos para atraer a las hembras). También pueden presentar alteración de ritmos circadianos o tener menor capacidad para defenderse contra depredadores como las arañas.

Hay mejoras que se pueden hacer a la cría masiva, como el tenerlos en condiciones menos hacinadas, o incluir insectos silvestres en la cría para introducir mayor diversidad genética.

Tercero, deben oler bien. Así como los humanos nos perfumamos o utilizamos ciertos olores para sentirnos bien, los machos estériles en moscas de la fruta también tienen que producir feromonas y oler bien para atraer a las hembras. Varios estudios han encontrado que la aromaterapia también funciona en los insectos. La aromaterapia es una práctica terapéutica que utiliza aceites esenciales naturales extraídos de plantas, para promover el bienestar físico y emocional. Por ejemplo, los aceites como la lavanda y la bergamota pueden reducir el estrés y la ansiedad, mientras que el limón y la naranja suelen mejorar el estado de ánimo y aumentar la energía. Los aceites esenciales se pueden utilizar mediante inhalación directa, difusores, o aplicación tópica.

Aunque los aceites no producen el mismo efecto en insectos que en humanos, el de naranja o el de jengibre en la mosca del Mediterráneo mejoran su competitividad sexual. Se ha encontrado que la aromaterapia con estos aceites esenciales aumenta la señalización sexual de los machos, mejora el éxito de apareamiento e incrementan la producción de feromonas sexuales. Estos beneficios también se encuentran en la cetona de frambuesa en la mosca de Queensland o el metil eugenol en la mosca oriental, por mencionar algunos ejemplos.

Lo increíble es que, en ciertos casos, con solo oler estos compuestos es suficiente para que los machos tengan mejor desempeño, es decir, no es necesario que lo coman.

Una condición a observar es que la exposición de los machos al aceite antes de su liberación, sea controlada, puesto que la dosis y el tiempo de exposición son factores críticos o determinantes para lograr los efectos deseados. Los aceites se pueden aplicar en los centros de empaque o de pre-liberación. Algunas consideraciones para su uso son el costo del aceite a gran escala y la logística de aplicación en el proceso de producción masiva.

Otro aspecto importante para mejorar la TIE es el uso de compuestos que pueden acelerar la maduración sexual de los insectos. Es común, sobre todo en moscas de la fruta, los machos no emergen sexualmente maduros; estos deben pasar, por lo menos, unos 5 días para madurar. Cuando se aplica de manera controlada, el metopreno (un compuesto químico regulador del crecimiento de los insectos), al ser un análogo de la hormona juvenil, juega un papel crucial en el desarrollo sexual de los insectos. Este compuesto puede modular la maduración sexual, influyendo en el desarrollo de las gónadas y la producción de feromonas sexuales. En algunas especies, el alimentar a los insectos con metopreno en dosis y momentos específicos puede acelerar la maduración sexual de los adultos, resultando en que los machos estén listos para copular en cuanto lleguen a campo.



Figura 3. Liberación de moscas estériles en la Isla de Mauricio, África.

El eyaculado del macho estéril

Pensemos en que ya se produjeron a los machos estériles, con buena calidad, sexualmente maduros y que lograron sobrevivir en campo, encontrar a una hembra y copular con ella. Ahora viene la parte tal vez más crítica de la TIE: la transferencia del eyaculado. El eyaculado de los machos en insectos está compuesto principalmente por esperma y por proteínas del fluido seminal (PFS). Estas proteínas se producen en las glándulas accesorias y en humanos sería más o menos equivalente a la próstata. Las PFS, transferidas durante el apareamiento, influyen de modo significativo en el comportamiento y en la fisiología de las hembras. Por ejemplo, evitan que las hembras vuelvan a aparearse; son como sustancias antifrodisiácas, lo que ayuda a garantizar que las hembras que se aparean con machos estériles ya no lo hagan después con otros machos del campo. Las PFS además estimulan la producción de huevos, la oviposición y otros comportamientos. Sin embargo, la radiación utilizada en la TIE puede afectar el eyaculado, lo que ha llevado a los investigadores del INBIOTECA a estudiar cuáles son las funciones de estas proteínas en las hembras, con miras a que se podrían manipular en los machos estériles mediante técnicas de biología molecular.

Conclusión

La técnica de control de plagas puede ser un tanto contraintuitiva, ¿la solución para eliminar insectos nocivos es... más insectos? ¡Pues... así es!

La TIE ha reducido el uso de insecticidas, evitando que se mate o extinga de manera indiscriminada a muchos insectos, incluidos los benéficos. Es una tecnología verde, respetuosa con el medio ambiente y se ha utilizado en países tan diversos como Brasil, China, Cuba, Alemania, Italia, Mauricio, México, Singapur, España y Estados Unidos. ¿Qué podemos hacer? Diseminar esta información, para que esta técnica sea mejor conocida y aceptada en la sociedad. Con esta planificación familiar para insectos, podemos garantizar que comamos fruta sana y vivamos con menos vectores de enfermedades, como los mosquitos.

¿Te interesa saber más?

- Dyck, V. A., Hendrichs, J. & Robinson, A. S. (eds.). (2021). *Sterile Insect Technique: Principles and Practice In Area-Wide Integrated Pest Management*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003035572>
- Pérez Staples, D. & Abraham S. (2023). Postcopulatory behavior of Tephritid flies. *Annual Review of Entomology*, 68, 89-108. Doi: 10.1146/annurev-ento120220-113618
- Pérez Staples, D., Díaz Fleischer, F. & Montoya, P. (2021). The sterile insect technique: success and perspectives in the neotropics. *Neotropical Entomology* 50, 172-185 <https://doi.org/10.1007/s13744-020-00817-3>





Hongos del suelo: ¿aliados invisibles o enemigos ocultos en los bosques tropicales?

María Mabel de Jesús Alarcón,
Antonio Andrade Torres y
Laura Yesenia Solís Ramos

Los hongos del suelo son aliados esenciales en los bosques tropicales. Desde la simbiosis con plantas hasta el reciclaje de nutrientes, su rol es clave para la estabilidad ecológica. Descubre su importancia y cómo su conservación impacta la sostenibilidad de estos ecosistemas.

Los bosques tropicales albergan una biodiversidad excepcional, con una gran variedad de organismos que interactúan en redes ecológicas complejas. Entre estos, los hongos del suelo representan un grupo fundamental para el funcionamiento del ecosistema, aunque suelen pasar desapercibidos debido a su naturaleza. Estos organismos desempeñan un papel clave en la descomposición de la materia orgánica, el reciclaje de nutrientes y la formación de asociaciones benéficas (simbióticas) con las plantas.

A pesar de su importancia ecológica, los hongos han sido históricamente objeto de mitos e ideas erróneas, muchas veces asociados con enfermedades o vistos únicamente como organismos descomponedores.





En este artículo, exploramos diferentes tipos de hongos del suelo tropical, desmitificamos algunos conceptos erróneos y resaltamos la importancia de conservar la microbiota del suelo. Comprender el papel de estos microorganismos en los ecosistemas tropicales permite valorar su contribución al equilibrio ecológico, y también enfatiza su relevancia en la sostenibilidad de los bosques y en las estrategias de conservación a largo plazo.

Tipos de hongos en el suelo tropical

Hongos micorrícicos arbusculares (HMA) (benéficos)

Los HMA son hongos microscópicos que se reproducen por pequeñas esporas o grupos de esporas que siempre están en el suelo, diferente a las estructuras reproductivas tipo “hongo” como los champiñones. Son fundamentales en la nutrición vegetal, ya que, al germinar sus esporas en el suelo, se asocian con las raíces finas de las plantas y establecen una relación benéfica llamada *micorriza*. La micorriza se caracteriza porque el hongo forma unas estructuras en el interior de las células de la planta, donde se realiza el intercambio de los nutrientes y del agua que el hongo absorbe mediante sus células, fuera de la raíz; de esta manera, se extiende la capacidad de la raíz para explorar el suelo y obtener nutrientes que, de otro modo, serían difíciles de absorber para las plantas. Esta interacción planta-hongo se encuentra en todos los ecosistemas terrestres y se extiende por todo el sistema del suelo, pues las estructuras de los hongos se entrelazan en redes subterráneas que facilitan la comunicación y el intercambio de nutrientes entre las plantas. A pesar de su importancia ecológica, aún es desconocida su riqueza y diversidad específica en los bosques tropicales, por lo que constantemente hay nuevas especies descritas y muchas por descubrir.

Hongos ectomicorrícicos (benéficos)

Este grupo corresponde a los clásicos hongos de sombrilla como los champiñones y, al igual que ellos, forman relaciones benéficas o simbióticas con las raíces de muchas especies de árboles, especialmente en bosques templados, aunque también se encuentran en ecosistemas tropicales. A diferencia de los HMA, los hongos ectomicorrícicos producen una capa alrededor de las raíces de la planta, sin penetrar en sus células. Esto les permite actuar como una barrera protectora contra patógenos del suelo, al tiempo

que mejora la absorción de agua y minerales esenciales como el nitrógeno y el fósforo. Muchas de sus estructuras reproductivas son comestibles, mientras que otras producen sustancias que se utilizan para la elaboración de medicamentos o en otras actividades. Igual que los HMA, estos hongos desarrollan redes de hifas o micelio a través del suelo del bosque, interconectando todos los árboles con los que se asocian, como si fuera una súper carretera de información y protección del bosque.

Hongos descomponedores o saprófitos (benéficos)

Los descomponedores o saprófitos son los principales responsables de la desintegración de la materia orgánica en los bosques tropicales; su actividad permite recuperar los nutrientes y que sean incorporados por otros organismos. Transforman las hojas, troncos caídos y otros restos vegetales en compuestos simples que son reabsorbidos por las plantas o aprovechados por otros integrantes del ecosistema.

Este proceso es fundamental para el reciclaje de nutrientes y la fertilidad del suelo, evitando la acumulación excesiva de materia vegetal muerta.

Muchos hongos saprófitos crean estructuras reproductivas como el champiñón o las setas, facilitando la dispersión de esporas. Sus estructuras permiten la reproducción del hongo y juegan un papel en la dinámica del ecosistema, sirviendo de alimento para insectos, pequeños mamíferos y otros organismos del bosque; también existen muchos que son comestibles para el humano.

Hongos patógenos

Si bien se suele asociar a los hongos con enfermedades en las plantas, no todos los patógenos fúngicos son perjudiciales en términos ecológicos. Algunos cumplen un papel en la regulación de poblaciones vegetales, evitando el dominio de especies específicas y fomentando la biodiversidad; sin embargo, cuando se introducen en un ecosistema por medios artificiales, como la expansión agrícola, suelen causar daños significativos. Un ejemplo de lo anterior es el hongo *Fusarium oxysporum*, que ha afectado cultivos en diversas regiones tropicales y que el hombre, con sus actividades, propaga o distribuye inconscientemente, causando pérdidas en sitios agrícolas.

Hongos endófitos

Los endófitos viven dentro de los tejidos de las plantas sin causar daño aparente y pueden proporcionar varios beneficios, como resistencia a patógenos y mayor tolerancia al estrés ambiental. En los bosques tropicales, los hongos endófitos han sido identificados en una amplia variedad de especies de árboles y han despertado interés en la investigación, debido a su potencial para la producción de compuestos bioactivos con aplicaciones farmacéuticas y agrícolas.

Distinguir los diferentes grupos o tipos de hongos resulta relevante para comprender su función en la salud del bosque y en la restauración ecológica; en contraste, una percepción equivocada de los hongos del suelo puede llevar a prácticas de manejo inadecuadas que comprometan la regeneración de los bosques y la sostenibilidad de los suelos tropicales. La simbiosis entre las especies arbóreas y los HMA es un proceso necesario para garantizar el establecimiento de plántulas, la competencia por recursos y la resistencia de los ecosistemas ante perturbaciones ambientales.

Desmitificación de ideas erróneas

Cuando se piensa en hongos, la imagen más común que viene a la mente es la de mohos en descomposición o enfermedades en las plantas. No es raro escuchar que “los hongos solo afectan negativamente a los árboles”, una creencia que ha perdurado en el tiempo. Esta percepción está influenciada por la asociación de los hongos con enfermedades vegetales, pero omite su rol en el sostenimiento de los ecosistemas.

Aunque existen hongos que atacan a las plantas, los cuales son llamados fitopatógenos, la gran mayoría cumple funciones esenciales que benefician a las plantas y al suelo.

Los HMA, por ejemplo, establecen conexiones subterráneas con las raíces, facilitando el intercambio de nutrientes y mejorando la resistencia de los árboles ante el estrés ambiental. Su presencia en el suelo es un indicador de equilibrio ecológico, ya que intervienen en la regulación de la microbiota y en la interacción con otros organismos, como bacterias fijadoras de nitrógeno.

Se suele creer que “los hongos solo aparecen en ambientes húmedos y oscuros”, esto da la impresión de que no sobreviven en condiciones extremas. No obstante, hay especies de hongos adaptadas a una gran variedad de ambientes, desde suelos volcánicos hasta bosques tropicales secos. Algunos resisten periodos prolongados de sequía, formando esporas que permanecen latentes hasta que las condiciones mejoran. Esta adaptabilidad los convierte en elementos clave para la regeneración de suelos degradados.

Un mito frecuente es que “todos los hongos que crecen en el suelo son tóxicos para los humanos”. Como hemos visto, esto no es del todo cierto; aunque existen especies venenosas, muchos hongos son comestibles y han formado parte de la dieta de diversas culturas durante siglos.

En los bosques tropicales, varias comunidades indígenas han utilizado hongos no solo como alimento, sino también con fines medicinales, aprovechando sus propiedades antimicrobianas y antiinflamatorias.

Por último, algunas personas creen que “los hongos solo tienen importancia ecológica y no pueden ser aprovechados por la ciencia y la tecnología”; sin embargo, los hongos del suelo han demostrado tener aplicaciones en biotecnología, restauración ecológica y agricultura. Algunos hongos saprófitos se utilizan en la degradación de contaminantes ambientales, mientras que los HMA han sido incorporados como biofertilizantes que reducen la necesidad de insumos químicos en la producción agrícola. Además, ciertos hongos endófitos han mostrado potencial en la producción de compuestos antibióticos y bioactivos con aplicaciones médicas.

Es común también la idea de que los HMA son organismos uniformes, cuando en realidad existen distintas especies con adaptaciones específicas, por ejemplo, adaptados a suelos ácidos, secos o con altas concentraciones de metales pesados. Estas diferencias influyen en su eficiencia al formar simbiosis con especies vegetales en particular, abriendo la puerta a investigaciones sobre su papel en la reforestación y la agricultura sostenible.



Importancia de la conservación de la microbiota del suelo

El suelo no es solo un sustrato inerte donde crecen las plantas: es un ecosistema vivo compuesto por una enorme comunidad de microorganismos esenciales para su equilibrio. Entre ellos, los hongos desempeñan un papel clave en el mantenimiento de la fertilidad del suelo, la estructura del ecosistema y la sostenibilidad de los bosques tropicales. La microbiota del suelo, que incluye hongos, bacterias y otros microorganismos, está directamente involucrada en la descomposición de materia orgánica, el reciclaje de nutrientes y la mejora de la estructura del suelo, facilitando la retención de agua y evitando la erosión.

Sin embargo, dicha microbiota está en constante amenaza, debido a diversas actividades humanas: la deforestación, la agricultura intensiva, el uso indiscriminado de agroquímicos y la compactación del suelo pueden alterar su equilibrio, reduciendo la diversidad de hongos beneficiosos y afectando la capacidad para sostener la vida vegetal.

Cuando los hongos desaparecen o disminuyen en cantidad, los procesos naturales de reciclaje de nutrientes se ven comprometidos, generando suelos menos fértiles y dificultando la regeneración del bosque.

Uno de los aspectos más preocupantes es la pérdida de hongos micorrízicos y saprófitos debido a la degradación del suelo. Los HMA facilitan la absorción de nutrientes por parte de las plantas, mientras que los hongos saprófitos son responsables de descomponer la materia orgánica y devolver los minerales esenciales para la vegetación. La eliminación de estos organismos, a través del uso excesivo de fertilizantes y pesticidas, ha llevado a una disminución de la salud del suelo, afectando tanto a la biodiversidad vegetal como a la productividad agrícola en regiones tropicales.

El mantenimiento de la microbiota del suelo no solo favorece la regeneración natural de los bosques tropicales, sino que también tiene aplicaciones directas en la reforestación y la agricultura sostenible. El suelo es un ecosistema vivo que requiere atención y cuidado. La conservación de su microbiota es un paso esencial para garantizar la



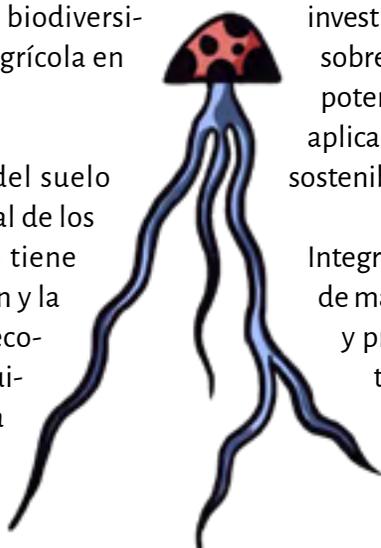
estabilidad de los bosques tropicales y su capacidad para sustentar vida a largo plazo. Proteger los hongos del suelo es una estrategia para preservar la biodiversidad, mitigar los efectos del cambio climático y asegurar la producción de alimentos en sistemas agrícolas que dependan menos de insumos sintéticos y más de los procesos naturales del ecosistema.

La restauración de suelos degradados mediante la recuperación de la microbiota fúngica es un área de interés creciente en la ecología y el manejo sostenible de los bosques tropicales. La combinación de prácticas tradicionales con estrategias de biotecnología aplicada puede favorecer la recuperación de ecosistemas afectados por la deforestación y el uso agrícola intensivo.

Conclusión

El conocimiento sobre los hongos del suelo y sus funciones en los bosques tropicales es esencial para la toma de decisiones fundamentadas en la conservación y el manejo sostenible de los ecosistemas. La interacción entre estos microorganismos y las plantas es dinámica y compleja, desempeñando un papel clave en el mantenimiento de la fertilidad del suelo, el reciclaje de nutrientes y la resiliencia de los ecosistemas ante cambios ambientales. A medida que avanza la investigación, se descubren nuevos aspectos sobre su contribución a la biodiversidad, su potencial en la restauración ecológica y su aplicación en sistemas agrícolas y forestales sostenibles.

Integrar estos conocimientos en estrategias de manejo forestal, conservación de suelos y producción sostenible fortalece la estabilidad ecológica y promueve prácticas más resilientes y eficientes en distintos entornos. Comprender la



importancia de la microbiota del suelo y su rol en la salud de los ecosistemas permite generar acciones que contribuyan a la preservación de los bosques tropicales y de los múltiples servicios ecosistémicos que brindan.

Queremos expresar nuestro profundo agradecimiento a las personas e instituciones que han contribuido al desarrollo de esta línea de trabajo, ya sea a través de su conocimiento, investigación, apoyo técnico o discusión de ideas, cuyo esfuerzo y dedicación han permitido enriquecer el análisis y la difusión de información relevante sobre los hongos del suelo y su papel en los ecosistemas tropicales.

Asimismo, esperamos que este pequeño documento sea del agrado e interés de los lectores y que sirva para reflexionar sobre el valor de estos microorganismos en el equilibrio ecológico. La difusión y el intercambio de conocimientos son esenciales para generar conciencia y promover acciones que favorezcan la conservación de la biodiversidad y los ecosistemas. Deseamos que este documento sea una herramienta para seguir explorando el fascinante mundo de los hongos del suelo y fomentar un mayor compromiso con la sostenibilidad de los ecosistemas tropicales.

Referencias

- Carrillo Saucedo, S. M., Puente-Rivera, J., Montes-Recinas, S. & Cruz-Ortega, R. (2022). Mycorrhizas as a tool for ecological restoration. *Acta Botánica Mexicana*, (129).
- Peay, K. G., Kennedy, P. G. & Bruns, T. D. (2008). Fungal community ecology: a hybrid beast with a molecular master. *Bioscience*, 58(9), 799-810.
- Smith, S. E. & Read, D. J. (2010). *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press.
- Van Der Heijden, M. G. & Horton, T. R. (2009). Socialism in soil? The importance of mycorrhizal fungal networks for facilitation in natural ecosystems. *Journal of Ecology*, 97(6), 1139-1150.



Búfalos y vacas:

América Isabel Ortiz Carmona,
Yareni Perroni Ventura y
Ángel Héctor Hernández Romero

nueva perspectiva para los suelos tropicales

El suelo, la vida y las historias que nos cuentan

El suelo es un recurso que sostiene la vida en múltiples formas. Más que un sustrato para el crecimiento vegetal, es un entorno complejo donde convergen organismos vivos, procesos químicos y flujos energéticos. Los suelos sostienen no solo la biodiversidad, sino también actividades humanas clave como la agricultura y la ganadería. Sin embargo, enfrentan presiones crecientes derivadas de la sobreexplotación, el cambio climático y las prácticas humanas inadecuadas, como el manejo ganadero intensivo, que comprometen su integridad y funcionalidad.

La ganadería, especialmente en los trópicos, ha moldeado paisajes y culturas durante siglos. Desde los antiguos pobladores de América, quienes domes-

ticaron animales y adaptaron sus modos de vida al entorno, hasta las prácticas modernas, esta actividad es una fuente vital de alimento e ingreso en muchas regiones. No obstante, el impacto de las prácticas ganaderas sobre los suelos, la biodiversidad y la atmósfera ha despertado preocupaciones globales.

La transformación de los paisajes tropicales ha sido particularmente dramática en el último siglo.

La deforestación, la compactación, la pérdida de materia orgánica y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) figuran entre los efectos negativos más evidentes.

A medida que el mundo enfrenta los efectos de un clima cambiante, la importancia de los suelos como mitigadores de carbono (C) y protectores de la biodiversidad es más evidente. Sin su cuidado, las comunidades rurales, y urbanas por igual, enfrentan desafíos crecientes en la producción de alimentos, la resiliencia ante sequías e inundaciones y la preservación de ecosistemas. Ante este panorama, es urgente explorar alternativas para rediseñar y diversificar sistemas ganaderos para proteger los suelos tropicales.

En este contexto, las especies de ungulados (mamíferos con pezuñas), criados en las pasturas del trópico mexicano, como el búfalo de agua y el ganado vacuno, suscitan interés por sus posibles efectos diferenciados en el suelo. Este artículo explora cómo estas especies y su manejo pueden contribuir a transformar la ganadería tropical actual en una con bajo impacto ambiental (BIA) como un aliado del suelo y de la lucha contra el cambio climático, conectando perspectivas científicas, sociales y culturales para garantizar un futuro sostenible.

Ganadería tropical: ciencia, tradición y sostenibilidad

En las regiones tropicales, la ganadería enfrenta desafíos significativos debido a la presión del mercado global, que ha intensificado las prácticas de manejo, muchas veces en detrimento del ambiente. El pastoreo

extensivo, aún predominante, provoca compactación del suelo, pérdida de biodiversidad y degradación de pastizales. Estas problemáticas, además de degradar los ecosistemas, incentivan la expansión hacia áreas forestales y acahuales, exacerbando tanto la deforestación como las emisiones de C, lo que agrava la crisis ambiental y climática global.

El pastoreo rotacional intensivo se presenta como una alternativa en vías de disminuir el impacto ambiental generado por las prácticas ganaderas (Figura 1). Este modelo divide los potreros en parcelas, permitiendo que el ganado rote en ciclos controlados que favorecen la regeneración del forraje, reducen la compactación del suelo y mejoran su capacidad de retención de agua, elementos clave en regiones tropicales con lluvias irregulares. Estudios en países como Colombia y Brasil han demostrado que este sistema, bajo una implementación adecuada, incrementa la infiltración de agua, fomenta la macrofauna del suelo (como lombrices y escarabajos) y aumenta tanto la producción de pastos como la fijación de C, contribuyendo a la fertilidad del suelo y a la mitigación del cambio climático (Adegbeye *et al.*, 2024).



Figura 1. Ganado vacuno bajo un sistema de pastoreo rotacional en el trópico Veracruzano. Autoría propia.

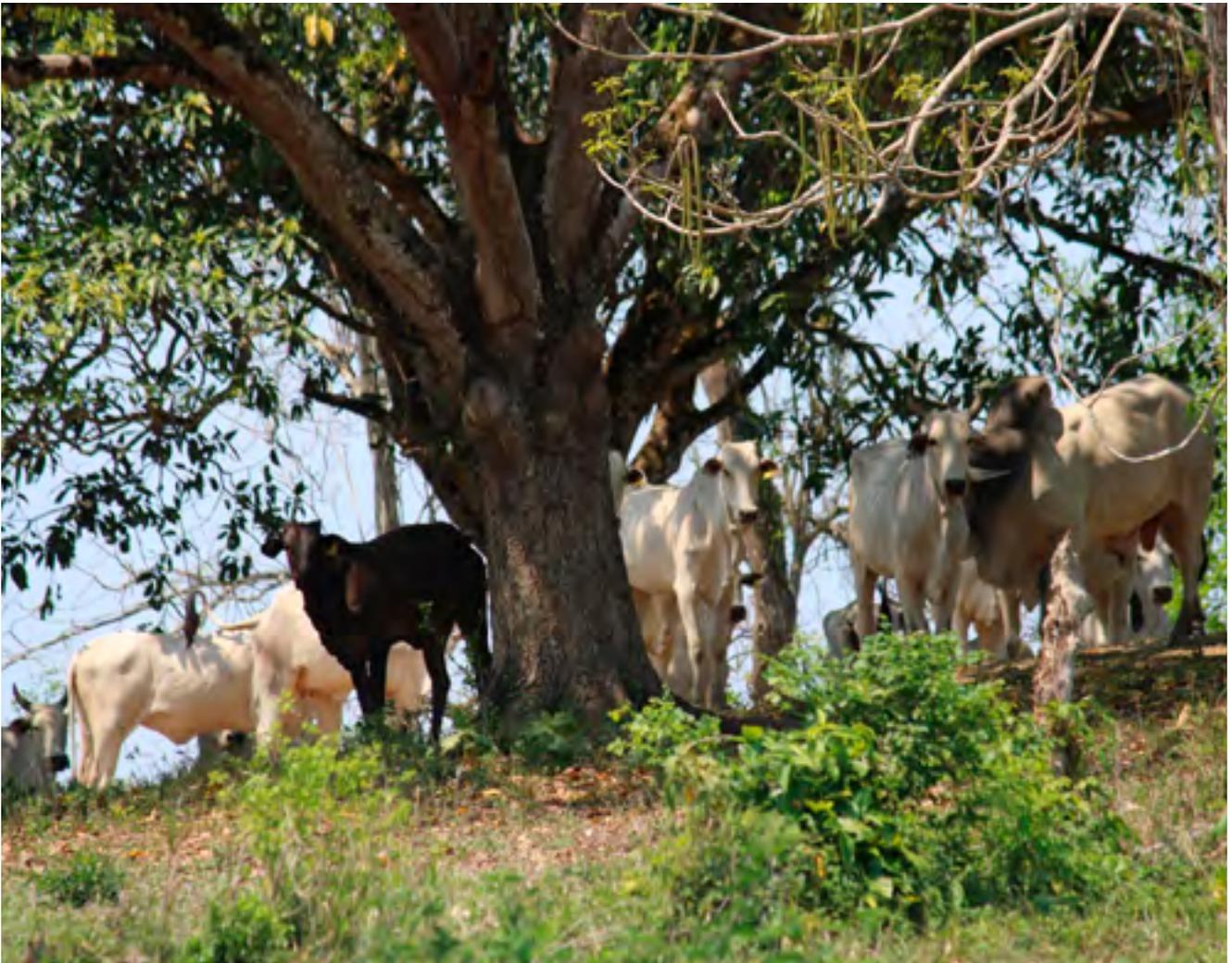


Figura 2. Ganado vacuno bajo sombra en un paisaje tropical gestionado con prácticas regenerativas. Autoría propia.

El pastoreo rotacional intensivo forma parte de estrategias sostenibles como los sistemas silvopastoriles, el pastoreo diferido y la ganadería regenerativa. Aunque los estudios son limitados, se ha comprobado que esta práctica incrementa la humedad y la materia orgánica del suelo, además de aumentar significativamente la producción de forraje (Silva Olaya *et al.*, 2022). Le permite elevar la carga animal en comparación con el pastoreo extensivo. La introducción de plantas leguminosas, como árboles, arbustos o herbáceas, también mejora la disponibilidad de nitrógeno (N) en el suelo, lo que beneficia la nutrición del ganado. Estos beneficios hacen del pastoreo rotacional una herramienta clave para la conservación del suelo y el desarrollo de sistemas ganaderos sostenibles.

Los árboles en los pastizales aportan múltiples beneficios a los sistemas ganaderos (Figura 2). La selección de especies palatables (agradables para los animales) diversifica el forraje para el ganado, mientras que las leguminosas, ya sean arbóreas, arbustivas o herbáceas, aumentan la disponibilidad de N en el suelo. Además, la hojarasca enriquece el contenido de materia orgánica y las raíces mejoran la infiltración del agua, favoreciendo la humedad del suelo. Esto estimula la actividad microbiana y promueve la transformación de C y nutrientes. En suelos menos compactados,

también disminuye la erosión hídrica superficial, ya sea laminar o en forma de cárcavas.

Estas acciones integradas, empáticas con el ambiente, fortalecen la resiliencia de los sistemas ganaderos tropicales.

La selección y manejo adecuado de las prácticas ganaderas son fundamentales para desarrollar sistemas BIA; no obstante, la especie ganadera también juega un papel clave en el impacto de esta actividad. El pastoreo de vacas es una tradición esencial para la ganadería mexicana, especialmente en las regiones tropicales; sin embargo, en las últimas décadas, se ha introducido el búfalo de agua, un ungulado común en el trópico asiático (Figura 3). Esta especie ha atraído a los productores debido a su mayor ganancia de peso y producción de leche, comparado con el ganado vacuno. Dado que la introducción del ungulado es relativamente reciente en el país, ofrece una atractiva oportunidad para evaluar su impacto en los ecosistemas y sistemas ganaderos mexicanos.



Figura 3. Búfalo de agua: una alternativa para la ganadería de bajo impacto ambiental en el trópico. Autoría propia.

En muchos países, la adopción de tecnologías innovadoras está transformando la ganadería en modelos más amigables con el ambiente.

Herramientas como sensores de suelo, drones y sistemas de información geográfica permiten monitorear el estado del suelo en tiempo real y ajustar las prácticas de manejo para maximizar beneficios ecológicos y productivos, tecnologías que, al combinarse con saberes tradicionales, no solo optimizan el uso de los recursos naturales, sino que también fomentan prácticas que reducen el impacto ambiental, promoviendo una ganadería más armónica con el entorno y resiliente frente al cambio climático.

El manejo de los suelos en sistemas ganaderos va más allá de aspectos técnicos e incluye una dimensión social. La introducción del búfalo de agua en México, además de modificar prácticas productivas, desafía tradiciones ganaderas arraigadas. Asimismo, incorporar árboles en los potreros rompe con la costumbre de eliminar toda vegetación que no sea pasto. Por tal motivo, los sistemas ganaderos BIA deben equilibrar

el conocimiento científico con las prácticas culturales locales, reconociendo al suelo como un recurso vital y un pilar de la identidad comunitaria. Este enfoque integral es esencial para avanzar hacia una ganadería tropical que combine productividad con conservación, asegurando el bajo impacto ambiental y el bienestar de las comunidades rurales.

Suelos resilientes en un clima cambiante

El cambio climático ha intensificado los desafíos que enfrentan los ecosistemas tropicales, generando alteraciones significativas en los ciclos de humedad y sequía, variaciones que comprometen la capacidad del suelo para mantener su fertilidad y sustentar la vida, amenazando su rol fundamental en los ecosistemas. Dichas condiciones exigen la implementación de estrategias innovadoras y sostenibles que permitan preservar la funcionalidad del suelo y garantizar la resiliencia de los ecosistemas tropicales frente a escenarios climáticos extremos.

Por su parte, el búfalo de agua se perfila como una alternativa prometedora en la ganadería tropical debido a su notable adaptación a condiciones desafiantes. Este ungulado puede habitar en zonas inundables, lo que lo hace especialmente valioso en regiones tropicales con alta incidencia de lluvias. Además, su eficiente digestión de fibras le permite alimentarse de una amplia variedad de plantas, incluidas aquellas menos utilizadas por otras especies ganaderas. En suelos manejados con búfalos, se observa una mayor estabilidad en el C orgánico total, un componente esencial para la fertilidad y la estructura del suelo. El C también actúa como un reservorio clave en los ecosistemas tropicales, contribuyendo significativamente a la mitigación del cambio climático y la regeneración ambiental.

Un enfoque integral para la resiliencia del suelo también la diversificación de pastizales con especies vegetales nativas que refuercen la cobertura del suelo y mejoren la infiltración de agua. Estas estrategias, combinadas con prácticas como el pastoreo rotacional, no solo protegen al suelo de la degradación, sino que promueven un uso más eficiente de los recursos naturales. Además, la resiliencia del suelo depende de estrategias de manejo que integren conocimientos multidisciplinarios.

Herramientas tecnológicas como sensores de humedad, combinadas con prácticas tradicionales como el pastoreo rotacional, pueden generar sistemas ganaderos más eficientes.

La incorporación de especies arbóreas y arbustivas palatables para el ganado, que además promuevan la fijación de N, satisface la necesidad de los productores de contar con forrajes ricos en proteínas y mejora la fertilidad del suelo. Este enfoque, que combina ciencia y saberes locales, es clave para enfrentar los desafíos climáticos y asegurar la sostenibilidad de los suelos tropicales. La diversificación productiva, mediante el uso de especies maderables, frutales y melíferas, no solo aumenta las fuentes de ingreso de los productores, sino que también favorece la regeneración del ecosistema y la diversificación económica, contribuyendo al equilibrio ambiental y al fortalecimiento de las economías rurales.

El suelo, además de su dimensión biológica y química, sirve como un puente entre diversas disciplinas. Es un objeto de estudio para los científicos, una fuente vital para los agricultores y un símbolo celebrado por artistas y poetas. Rattan Lal explora la dimensión ética de la tierra y su degradación en diferentes culturas en su obra *Food Security and Soil Quality*. Por otro lado, Pablo Neruda, en su poema *La tierra se llama Juan*, alaba la tierra como el origen de la vida, mientras que Erskine Caldwell, en *La tierra prometida*, la presenta como un recurso indispensable pero vulnerable. La tierra nutricia también es considerada el sostén de la pradera y los humedales del Sotavento, según rezan las décimas jaraneras.

La visión multifacética del suelo inspira nuevas formas de apreciarlo y cuidarlo, promoviendo prácticas regenerativas que integran el conocimiento técnico, las tradiciones culturales y la creatividad humana. Al considerar el suelo no solo como un recurso físico, sino también como un pilar cultural, se fomenta una relación más profunda con el entorno. Este enfoque busca restaurar la fertilidad de la tierra, fortalecer la conexión de las comunidades con la naturaleza y promover un equilibrio entre la ciencia y las tradiciones locales.

Los suelos tropicales son mucho más que un recurso agrícola; representan el sustento de la vida en los ecosistemas y un puente entre la naturaleza y la sociedad humana.

Conclusión

Hemos explorado cómo la ganadería tropical, gestionada con un enfoque sostenible, tiene el potencial de convertirse en un aliado esencial para la conservación del suelo y la mitigación del cambio climático. La adopción de prácticas como los sistemas silvopastoriles y el pastoreo rotacional protege los suelos y puede contribuir a mejorar la calidad de vida de las comunidades rurales que dependen de ellos.

El búfalo de agua, con su capacidad de adaptación a climas cambiantes y su potencial para fortalecer la estructura del suelo, surge como una alternativa.

Sin embargo, resulta imprescindible profundizar en investigaciones que validen su impacto en los ciclos de nutrientes y en la emisión de gases de efecto invernadero. Al integrar estas estrategias con las tradiciones culturales y el conocimiento local, es posible construir sistemas ganaderos resilientes que respondan a los desafíos del cambio climático.

Invitamos a quienes gestionan sistemas ganaderos, trabajan en la conservación ambiental o simplemente se interesan en el bienestar del planeta, a explorar e implementar prácticas que integren ciencia, saberes locales y un profundo respeto por la naturaleza. Es esencial promover el contacto entre instituciones, comunidades y profesionales para compartir conocimientos y fortalecer esfuerzos conjuntos. La colaboración es clave para impulsar cambios positivos que contribuyan a la sostenibilidad ambiental y el bienestar de las generaciones futuras.

Si deseas conocer más sobre este tema, compartir ideas o colaborar en iniciativas que promuevan la salud del suelo y la sostenibilidad de los ecosistemas tropicales, te invitamos a buscar espacios de diálogo y acción conjunta.

El suelo, como “la raíz y el sustento” que Pablo Neruda describió, es un recurso invaluable que debemos proteger colectivamente. Solo a través de esfuerzos coordinados entre comunidades, instituciones y personas comprometidas garantizaremos el bienestar de las generaciones presentes y futuras, preservando los ecosistemas y fortaleciendo nuestra relación con la naturaleza.

Referencias

- Adebeye, M. J., Ospina, S. D., Waliszewski, W. S., Sierra-Alarcón, A. M. & Mayorga-Mogollón, O. L. (2024). Potential application of Latin American silvopastoral systems experiences for improving ruminant farming in Nigeria: A review. *Agroforestry Systems*, 98, 1257-1272. <https://doi.org/10.1007/s10457-023-00943-y>
- Silva Olaya, A. M., Olaya Montes, A., Polanía Hincapié, K. L., Cherubin, M. R., Duran Bautista, E. H. & Ortiz Morea, F. A. (2022). Silvopastoral systems enhance soil health in the Amazon region. *Sustainability*, 14(1), 320. <https://doi.org/10.3390/su14010320>

Biotecnología al alcance de tu mano

Fátima Reyes Alejandro

Durante los últimos años, cada vez es más común escuchar el término biotecnología. Sin embargo, siempre surgen dudas acerca de lo que realmente es, como cuál es la diferencia con respecto a la biología y, lo más importante, ¿en qué trabaja un biotecnólogo?

La *biotecnología*, como el mismo término deja entrever, es la aplicación de la tecnología relacionada con la biología. A grandes rasgos, la engloba el uso de organismos vivos o derivados de estos para beneficio del ser humano, con la finalidad de solucionar problemas y, por supuesto, facilitarnos la vida.

Se trata de una ciencia multidisciplinaria que involucra conocimientos en microbiología, biología celular y molecular, bioquímica, genética, incluso matemáticas, estadística e informática.

Ya que es una ciencia muy amplia, sus aplicaciones y enfoques se derivan a distintas áreas, para las cuales existe una clasificación, representada por diversos colores:

- ▶ *Biotecnología verde*, también conocida como biotecnología agrícola, se enfoca en el desarrollo de técnicas para mejorar la producción de cultivos.
- ▶ *Biotecnología azul*, o bien biotecnología marina, hace uso de organismos marinos para el desarrollo de técnicas biotecnológicas.
- ▶ *Biotecnología blanca*, se relaciona con la industria y se enfoca en la optimización de procesos industriales, generalmente a gran escala.
- ▶ *Biotecnología roja*, centrada en la salud humana, mediante la investigación y desarrollo de técnicas en células o compuestos derivados de organismos para tratar enfermedades.
- ▶ *Biotecnología amarilla*, atiende a la industria alimentaria; utiliza organismos vivos o sus derivados para la obtención o mejora de productos de consumo.
- ▶ *Biotecnología gris*, se aplica la biorremediación y consiste en la solución de problemáticas ambientales por medio de microorganismos, por ejemplo, cuando ocurren derrames de petróleo.
- ▶ *Biotecnología dorada*, comprende a la bioinformática y nanobiotecnología; se encarga de la comprensión y procesamiento de la información a escala nanométrica.
- ▶ *Biotecnología violeta*, relacionada con la bioseguridad y forma parte de mecanismos y protocolos para establecer medidas de seguridad contra elementos peligrosos o tóxicos.

A pesar de que esto pudiera sonar novedoso e imagináramos a la biotecnología como experimentos en un laboratorio de películas futuristas, este conjunto de técnicas lleva aplicándose más de 4,000 años.

Algo tan “sencillo” y común como hacer pan, queso, yogur, vino o cerveza es biotecnología (y nada nuevo); para elaborar dichos alimentos, se llevan a cabo procesos de fermentación que involucran varios microorganismos. Por ejemplo, para obtener queso y yogur, se utilizan principalmente levaduras o bacterias.

Es importante resaltar que existen varios microorganismos que nos ayudan y que no todos los microorganismos son malos, por lo que sería injustificable tenerlos en mal concepto.

Como seres humanos, día a día, convivimos con gran cantidad de microorganismos.

Estos se encuentran tanto en el interior de nuestro cuerpo como en los productos que consumimos con cierta frecuencia.

Otra aplicación es la obtención de antibióticos, medicinas y vacunas, usando biotecnología. La penicilina se obtuvo a partir de un moho (*Penicillium notatum*) que logró inhibir el crecimiento de una bacteria (*Staphylococcus aureus*), es decir, que cuando se cultivaban ambos microorganismos en una placa de Petri, la bacteria no crecía porque el hongo se encontraba presente. Posteriormente, y por medio de procesos de purificación, se obtuvo el compuesto activo antibiótico. Otros ejemplos de antibióticos a partir de microorganismos, principalmente bacterias (sí, algunas bacterias pueden inhibir otras bacterias) son: bacitracina, de la *Bacillus subtilis*; eritromicina, de la *Streptomyces erythraeus*, y estreptomycinina, de la *Streptomyces griseus*.

La insulina, necesaria para que las personas que sufren de diabetes tipo I puedan absorber la glucosa en la sangre, es también obtenida por técnicas biotecnológicas; si bien originalmente se obtenía a partir de páncreas de cerdos y vacas, pasando por técnicas de aislamiento y purificación, con el desarrollo de técnicas de recombinación de ADN (a grandes rasgos, una mezcla de material genético de distintas fuentes), ahora se logra a partir de pequeños segmentos de ADN modificados (llamados plásmidos) dentro de bacterias.

Las vacunas son otro caso de éxito de técnicas biotecnológicas

Cuando nos vacunamos, inyectamos pequeñas cantidades de un determinado virus a nuestro cuerpo, con la finalidad de que se generen anticuerpos y que estos sepan cómo actuar en caso de que nos enfermemos. La primera (y muy rústica) vacuna se desarrolló para prevenir la viruela humana, a partir de la viruela bovina; ambas son similares, pero la bovina es menos letal que la humana. De ampollas infectadas de viruela bovina se traspasó el virus a niños pequeños, quienes sufrieron la enfermedad y se recuperaron. Posteriormente, se inyectó el virus de la viruela humana y no presentaron signos de enfermedad, demostrando así el éxito de la técnica. Este es un ejemplo relativamente sencillo para entender la gran valía de la biotecnología.

El control biológico es otro ejemplo de técnicas biotecnológicas; este se lleva a cabo principalmente en la agricultura, donde a partir de microorganismos o extractos vegetales, se busca inhibir o controlar patógenos que causan enfermedades en las plantas, como la antracnosis, la roya, el tizón o la podredumbre, las cuales provocan marchitamiento, pudrición y, en casos avanzados, caída y pérdida total de los cultivos. Generalmente, para su control, los campesinos utilizan productos químicos, como herbicidas o fungicidas, pero el control biológico presenta una alternativa más amigable con el ambiente y la salud humana.

Los alimentos transgénicos también surgieron gracias a la biotecnología y gracias a ellos ha sido posible sustentar la demanda de alimentos que conlleva el crecimiento desmedido de la población.

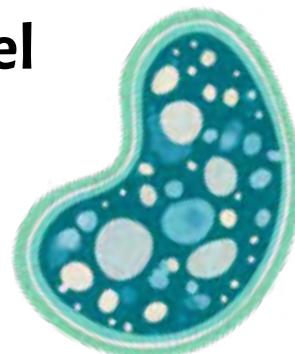




Figura 1. Imagen de referencia generada con Adobe Firefly.

Al contrario de algunas opiniones, los alimentos transgénicos no son alimentos malos. Conviene aclarar que un alimento transgénico no es una fruta mitad manzana, mitad plátano, como en algunas ocasiones suele imaginarse. La transgénesis es la transferencia o selección directa de genes y esto ha ayudado a desarrollar cultivos con mejor crecimiento y capacidad de sobrevivencia. La realidad es que, en la actualidad, vivimos rodeados de transgénicos.

Por otro lado, hoy en día, la biotecnología está presente en técnicas muy novedosas, como la clonación de ADN y la manipulación genética de organismos. Un ejemplo bastante reciente de su aplicación se presentó durante la pandemia de covid-19 donde, después de llevarse a cabo la identificación exitosa de la secuencia del virus, se logró obtener la vacuna que ahora se nos ha aplicado a casi todos, al menos en una ocasión.

Las técnicas biotecnológicas datan de muchos años, pero estudiar biotecnología es una opción de carrera relativamente nueva en México.

Afortunadamente, existen universidades que cuentan con retícula de biotecnología como Ingeniería en Biotecnología o Licenciatura en Biotecnología. En la Universidad Veracruzana, por ejemplo, la carrera de Ingeniería en Biotecnología se encuentra en dos regiones: Orizaba-Córdoba y Coatzacoalcos-Minatitlán, al igual que en diversas universidades a nivel nacional, como el Instituto Politécnico Nacional, la Universidad Autónoma de Guadalajara, la Universidad Autónoma de Chiapas o la Universidad Autónoma de Yucatán.

Además, si al finalizar la carrera elegida aún tienes la inquietud de continuar en el camino de la investigación, existe una gran diversidad de opciones para tu futuro, tanto en el ámbito laboral como en el estudiantil. Afortunadamente, México cuenta con diversos posgrados a los cuales se puede acceder, y, por supuesto, siempre hay oportunidades de estudios en el extranjero. Recuerda: ¡el límite lo pones tú! Claro que no siempre será algo fácil de lograr, pero toma en cuenta que Roma no se construyó en un día.

Sin duda, la biotecnología es una alternativa para tu camino de vida. Esta se encuentra a nuestro alrededor y siempre se necesitarán a más personas apasionadas por la ciencia que se pregunten cómo y por qué ocurren las cosas, así como qué y de qué manera yo puedo aportar a la sociedad.



Literatura recomendada

Acosta Murillo, R. & Castañon Baltazar, J. C. (2022). Las tendencias, perspectivas, áreas y colores de la biotecnología. *Revista Digital Universitaria*, 23(4). <http://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2022.23.4.10>

Renneberg, R. (2012). *Biotecnología para principiantes*. Reverté.

Thieman, W. J. & Palladino, M. A. (2010). *Introducción a la biotecnología*. Pearson Educación.



La deseccación del ambiente y el estrés hídrico en semillas



Candelaria Garcias Morales y
Lázaro Rafael Sánchez Velázquez

La posibilidad de germinación y la perpetuación de que las espermatofitas (plantas con semillas) germinen y sigan existiendo, depende de cuán bien sus semillas aguanten el calor y la sequía posterior a la dispersión. El propósito del presente texto es examinar el efecto del cambio climático sobre la desecación de semillas y su germinación, abordando los procesos de restauración pasiva y activa y su relación con los bancos de semillas del suelo, así como la relación que guardan la desecación de las semillas y la seguridad alimentaria.

Contexto a considerar

En muchas regiones del mundo se prevé un clima cada vez más cálido, con largas sequías y escasez, principalmente debido al efecto del cambio climático, puesto que este afecta significativamente la producción mundial de alimentos y la distribución de los organismos, convirtiéndose en una situación desafiante para la humanidad. Otro reto es el cómo solucionar los efectos que resultan de las actividades humanas cambiantes y transformadoras de la vegetación nativa para el aprovechamiento y producción de alimentos. Se estima que, para el año 2050, el mundo necesitará producir el doble de alimentos que lo generado en el 2000, con la misma cantidad de tierra y con menos agua (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, 2020). Actualmente, los bosques han sido fuertemente afectados, donde factores ambientales extremos y actividades agrícolas tienen diferentes grados de antagonismo, dificultando la restauración pasiva en áreas deforestadas (IPCC, 2023).

Ante el panorama actual, la semilla es la clave para la renovación y perpetuación de la mayoría de plantas.

Todo comienza con un óvulo maduro de una flor que se convierte en una semilla llena de información, transmitida de la planta progenitora. Cuando la semilla germina, el embrión crece, mediante el uso de reservas de alimento (carbohidratos, proteínas y lípidos) que se encuentran en estructuras como endospermo, cotiledón o perisperma, hasta que se convierte en una planta lista para alimentarse mediante la fotosíntesis y nutrientes del suelo. ¡Ciertamente, las semillas son los pequeños paquetes de potencial genético que viajan a través del tiempo y el espacio, debido a que son la unidad móvil de la planta! (Matilla, 2008).

La capacidad de germinación y el éxito de la perpetuación de las plantas están determinados, entre otros

factores, por la habilidad de las semillas para tolerar el estrés térmico e hídrico en los sitios de dispersión (Sáenz Romero *et al.*, 2016). Un ligero aumento en la temperatura o una pizca menos de humedad pueden alertar a las semillas, perjudicando su germinación y supervivencia, además de convertirlas en un festín para los insectos (Fenner & Thompson, 2005) y en un campo de competitividad por recursos con otras plantas.

A causa del efecto alterando la humedad y la temperatura, los biomas se encuentran en una especie de danza espacial: algunos retroceden, otros se expanden; algunos se achican y otros, se despiden (Sáenz Romero *et al.*, 2016). Entonces, debido al entorno cambiante, las zonas secas en todo el mundo han aumentado notablemente en comparación con años anteriores; por ello, la investigación sobre cómo las plantas manejan el estrés hídrico se ha vuelto crucial nunca. El contenido de humedad y la temperatura son las variables más importantes en la conservación de semillas (Fenner & Thompson, 2005).

Importancia de las semillas

Entre los diferentes tipos de vegetación, para muchos animales silvestres las semillas sobsu alimento principal, además de una fuente de agua. Son un recurso necesario, tanto como alimento para la dieta humana como para diversos animales domésticos. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) reporta que 30 especies de plantas son los cultivos que alimentan al mundo. Solo cinco cereales (arroz, trigo, maíz, mijo y sorgo) proporcionan el 60% del aporte calórico de la población mundial. De manera directa o indirectamente, el consumo por semillas es de 80% en la nutrición humana (FAO, 2024).

La seguridad de muchos alimentos se basa en la seguridad de las semillas.

Desde el punto de vista ecológico, la semilla es definida como el principal resultado de los órganos reproductivos (el gineceo, es la parte femenina de la flor y consta de tres segmentos: estigma, estilo y ovarios; el androceo representa la parte masculina de la flor y está constituido por filamento y antera) de la gran mayoría de las plantas terrestres y acuáticas. Después de que el embrión y los órganos de almacenamiento de la semilla terminan su formación y crecimiento (“madura”), sigue la diseminación (dispersión), ya sea por medio de agentes físicos (viento, corriente de agua y gravedad) o biológicos (insectos, mamíferos, aves, peces y reptiles).

Las semillas se enfrentan a factores ambientales que afectan la germinación y que son determinantes: temperatura, contenido de humedad, lluvia, concentración de oxígeno, dióxido de carbono, luz, etileno, inhibidores volátiles de la germinación y alelopatía; incluso influirán en si pasarán a una etapa de dormición (las semillas que son incapaces de germinar, aun cuando se presentan las condiciones favorables) o morirán (Bareke, 2018).

Para que la semilla cumpla con su objetivo de perpetuar, expandir su distribución o evolucionar la planta, es necesario que el embrión se transforme en una plántula, capaz de valerse por sí misma mediante mecanismos metabólicos y morfogenéticos, conocidos como proceso de germinación.

El proceso de germinación está constituido por tres fases:

- 1) Absorción o imbibición de agua por la semilla. En esta fase la semilla incrementa su tamaño como resultado de la absorción de agua;
- 2) Activación del metabolismo mediante el proceso de respiración, se sintetizan proteínas y ocurre la movilización de sustancias de reserva y
- 3) Elongación del embrión y ruptura de la cubierta (testa), a través de la cual se observa la salida de la radícula (Matilla, 2008).

Es indispensable las semillas tengan una buena respuesta en las condiciones de siembra y que produzcan plántulas vigorosas, para alcanzar su máximo rendimiento. La semilla de buena calidad representa el insumo estratégico que permite sustentar las actividades agrícolas, contribuyendo a mejorar su producción en términos de calidad y rentabilidad. Por tal motivo, en México se encuentran tres Centros de Conservación de Semillas Recalcitrantes (CC-SR) y Árboles Perennes, donde se resguardan 37 colecciones de campo de especies que producen semilla recalcitrante como las siguientes: aguacate, chayote, cacao, guanábana, saramuyo, ciruela, orquídeas, agaves, echeverias, cactáceas, vid, papaya, camote, yuca, tigrídias, bromelias, nopal, nogal y tejocote (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, 2020).

Cambio climático

Las proyecciones sobre el cambio climático global, estiman un incremento de la temperatura de entre 1.8 a 4.0 °C (IPCC 2023), fenómeno que altera el crecimiento y provoca cambios en la productividad de muchas especies de flora. Los cambios en los diferentes parámetros climáticos y el aumento de la concentración atmosférica de dióxido de carbono (CO₂), influyen en la fotosíntesis y tienen efectos sobre el crecimiento, el desarrollo de toda la vegetación y los cambios de distribución. Los cambios de la distribución podrían llevar a la extinción local de algunas especies a causa de la desaparición progresiva de condiciones adecuadas para su desarrollo (Sáenz Romero *et al.*, 2016).

El cambio climático es uno de los desafíos más apremiantes de la humanidad en cuanto a su seguridad alimentaria, principalmente en lo concerniente a las plantas cultivadas y a sus semillas.

Las temperaturas extremas y fluctuantes, resultado del cambio climático, están acentuando la propagación de plagas; creando condiciones favorables para que ocurra, así como la presencia de enfermedades en zonas donde no ocurría.

El cambio climático ayuda a expandir la zona de presencia de plagas como las siguientes: roya del café, tizón tardío en papa, fusariosis, gusano cogollero del maíz, mosca de las frutas, mildiú de la vid, entre otras. En la agricultura existe una urgente necesidad de desarrollar cultivos resistentes capaces de soportar el déficit hídrico, temperaturas extremas, enfermedades y plagas (IPCC, 2023; FAO 2024).

En el año 2020, en México, se reportaron 44 instituciones involucradas en la conservación de especies sensibles a la desecación, de las cuales 50% se encuentran en el centro sur del país. Actualmente ahí se resguardan 243 géneros, con un total de 9,734 accesiones. Dada la importancia de los géneros frutícolas en la alimentación y la agricultura, resaltan 26 géneros conservados, una estrategia de gran interés comercial que presenta semillas sensibles a la desecación, siendo los principales géneros: *Annona* (anonas), *Carica* (papayas), *Crataegus* (tejocotes), *Ipomoea* (camotes), *Opuntia* (nopales), *Persea* (aguacates), *Stenocereus* (pitayas), *Hylocereus* (pitahayas) y *Vitis* (vid), entre otras (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, 2020).



Efecto del estrés hídrico en las semillas y su germinación

La germinación depende principalmente de la disponibilidad de agua en el medio (Bareke, 2018), clave para iniciar para activar el metabolismo y el crecimiento de las células vivas de los tejidos de las semillas.

En condiciones de estrés hay una disminución de la disponibilidad de agua por la caída del potencial hídrico, lo que ocasiona afectaciones drásticas en los porcentajes y las tasas de germinación.

Si el contenido interno de humedad de la semilla se encuentra por debajo del contenido crítico de humedad, la semilla se deteriora en el suelo, incluso hasta su descomposición (Fenner & Thompson, 2005).

El conocimiento detallado de los mecanismos de desecación puede generar estrategias para la restauración de hábitats y orientar la gestión de bancos de germoplasma de árboles y de plantas con semillas comestibles. El estrés hídrico retrasa la germinación y puede llevar a la muerte de la semilla, el crecimiento de la planta se ve afectado debido a la pérdida de turgencia, dificultando la emergencia y afectando a la plántula, desencadenando en un establecimiento deficiente (Tweddle *et al.*, 2003).

En plantas ya adultas, el estrés hídrico afecta a sus funciones vitales y procesos fisiológicos como actividad fotosintética, bajas defensas contra depredadores, exposición a sufrir ataques de plagas, disminución de la síntesis de proteínas totales, a las tasas de crecimiento y enfermedades. Los cultivos sometidos a estas condiciones presentan problemas de vigor, además de una significativa reducción en la producción, calidad de la semilla, tamaño y turgencia de los frutos y las hojas. Para las especies de cultivo, prevenir o minimizar la pérdida de vigor durante el almacenamiento es fundamental para la producción en las temporadas posteriores.

El acondicionamiento de las semillas catalogadas como ortodoxas, consiste en sumergir las semillas en agua o productos químicos durante un determinado periodo (1 a 24 h), como soluciones osmóticas (se aplica a las semillas antes de envasarlas con el

objetivo de mejorar su germinación), seguido de la deshidratación. Estas medidas se utilizan comercialmente para aumentar el vigor de las semillas (Dadlani & Yadava, 2023).

Sensibilidad a la desecación

De acuerdo con Roberts (1973), las semillas se dividen en ortodoxas y recalcitrantes. Las ortodoxas adquieren la capacidad de tolerar la desecación a través de cambios celulares, fisiológicos y bioquímicos antes de ser liberadas de la planta parental. Esta etapa les permite alcanzar un rango de humedad de 1 a 5% sin presentar daños irreversibles. Dada esta característica, las semillas pueden ser almacenadas durante largos periodos en bóvedas frías y secas.

Las semillas recalcitrantes son descritas como semillas sensibles a la desecación; no pasan por desecación y son liberadas al ambiente con contenidos de humedad relativamente altos (25 a 45%). Su susceptibilidad y vulnerabilidad al daño por desecación dificulta su almacenamiento, mientras que su alto contenido de humedad las hace sensibles al daño por congelamiento.

La sensibilidad a la desecación varía entre las especies y los hábitats, lo que influye en la viabilidad y la germinación de las semillas. Este rasgo es frecuente en ambientes húmedos y no estacionales, donde 31% de las semillas no latentes presentan este rasgo, mientras que los hábitats áridos (1 a 3%) tienden a favorecer a semillas tolerantes a la desecación (Tweddle *et al.*, 2003).

Las plántulas de semillas tolerantes a la desecación son, en gran medida, especies cultivadas; sin embargo, posterior a la germinación muchas de estas especies pierden la capacidad de tolerancia a la desecación, ya que las plántulas resultantes de la germinación necesitan requerimientos específicos de agua, nutrientes, temperatura y sombra (muchas veces proporcionados por el agricultor) para continuar con su ciclo (Dadlani & Yadava, 2023).

La sensibilidad a la desecación de las semillas se correlaciona positivamente con el contenido inicial de agua, la masa de semillas y el tipo de hábitat. Se puede decir que las semillas sensibles a la desecación se han adaptado a entornos con estaciones de lluvias abundantes y constantes. Esta adaptación sugiere una disminución de la presión de selección en lo que respecta a la tolerancia a la desecación (Bareke, 2018).

Aunque son poco frecuentes en ambientes secos, existen plantas con semillas sensibles a la desecación (1 a 3%); la germinación rápida y el momento de dispersión reducen la probabilidad de que las semillas se sequen (Roberts, 1973; Tweddle *et al.*, 2003). Sin embargo, con el termómetro subiendo y la humedad bajando, la germinación sucede de prisa y, en consecuencia, aumenta la presión selectiva en las etapas de establecimiento y sucesión (IPCC 2023), por lo que la dependencia de las semillas sensibles las hace vulnerables, resaltando su fragilidad ante la pérdida de humedad, lo que impacta en la regeneración natural y la composición de nuestros bosques en un clima cambiante (FAO, 2022).

El conocimiento de los rasgos de germinación, como la dormición y la capacidad de germinar bajo condiciones de estrés, permite predecir el comportamiento de las semillas e incluso los nichos de germinación de un ecosistema.

Conclusión

Esperamos que este texto contribuya a comprender los procesos de restauración de los bancos existentes de semillas del suelo, su grado de sensibilidad y la seguridad alimentaria. El cambio climático, la desecación del ambiente y el estrés hídrico en semillas son fenómenos crecientes y altamente relacionados, de ahí la urgencia de contar con más proyectos de investigación enfocados a mitigar los factores adversos que comprometan nuestra seguridad alimentaria.



Referencias

- Bareke, T. (2018). Biology of seed development and germination physiology. *Advances in Plants & Agriculture Research*, 8(4), 336-346.
- Dadlani, M. & Yadava, D. K. (2023). *Seed Science and Technology: Biology, Production, Quality*. Springer Nature.
- Food and Agriculture Organization (2024). *Perspectivas Alimentarias: Resúmenes de mercado. Roma Italia*. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd2808es>
- Food and Agriculture Organization (2022). *FAO Strategy on Climate Change 2022–2031*. Rome
- Fenner, M. & Thompson, K. (2005). *The ecology of seeds*. Cambridge. Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2023). Sections. En *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (H. Lee & J. Romero (eds.)). doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647
- Matilla, A. J. (2008). Desarrollo y germinación de las semillas. En *Fundamentos de fisiología vegetal*, 2, 549.
- Roberts, E. H. (1973). Predicting the storage life of seeds. *Seed Science and technology*, 1, 499-514.
- Sáenz Romero C., Lindig Cisneros R. A., Joyce D. G., Beaulieu J., Clair J. & Jacquish B. C. (2016). Assisted migration of forest populations for adapting trees to climate change. *Revista Chapingo*, 22(3), 303-323.
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (2020). Informe Nacional Sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. México.
- Tweddle, J. C., Dickie, J. B., Baskin, C. C. & Baskin, J. M. (2003). Ecological aspects of seed desiccation sensitivity. *Journal of Ecology*, 91(2), 294-304.



Bacterias amigas: esenciales para la salud vegetal y la productividad agrícola

Oscar Ceballos Luna,
Alex Amir López Márquez y
Héctor Santiago Hernández Navarro

Como sabemos, la agricultura en México es una de las actividades fundamentales del sector económico, ya que además de ser una forma de subsistencia para las familias mexicanas, se producen productos alimenticios que se comercializan, tanto a nivel nacional como internacional; sin embargo, esta actividad se ha visto amenazada con la aparición de diversos organismos fitopatógenos, debido a que estos afectan la salud de las plantas, poniendo en riesgo la producción.

Algunos de los fitopatógenos que comúnmente ocasionan enfermedades en las plantas son los hongos, organismos que habitan en casi cualquier ecosistema, dada su gran capacidad de reproducción y su resistencia.

Dentro de los géneros de hongos patógenos vegetales se encuentran los siguientes: *Fusarium*, *Lasiodiplodia*, *Colletotrichum*, *Rhizoctonia* y *Botrytis*, mismos que se identifican al provocar diversas patologías, como la pudrición de raíces, hojas, tallos o frutos, pudiendo observarse semanas después de la infección, según sea el hospedero.

El manejo y control de los hongos fitopatógenos en el campo se da, sobre todo, a través del empleo de productos fitosanitarios químicos, también llamados sintéticos; no obstante, se ha demostrado que estos productos causan daños, tanto a nuestra salud como al ambiente, por lo que se sugiere el uso de una estrategia alternativa y eficiente, capaz de combatir a dichos agentes infecciosos con bajo costo ambiental. Una de las propuestas para combatir a estos fitopatógenos es el uso de bacterias como agentes de control biológico. Este enfoque se basa en procesos naturales y busca reducir el uso de pesticidas químicos, promoviendo una agricultura más sostenible y sustentable.

Bacterias

Una bacteria es un organismo unicelular procarionta; es una de las primeras formas de vida en la tierra y de los microorganismos más resilientes a los cambios multifacéticos del planeta; su clasificación es compleja y, a medida que los avances tecnológicos continúan, se genera más información acerca de su origen. Las clasificaciones que encontramos sobre bacterias se basan en la taxonomía común, tinción, tamaño de colonias, formas, necesidad de oxígeno o composición genética. Además, hay bacterias que crecen en ambientes inhóspitos u hostiles, lo que resulta de especial interés para su uso biotecnológico por las grandes cualidades de resistencia a estos sitios.

La búsqueda de microorganismos extremófilos se ha vuelto cada vez más frecuente, y de mayor interés, debido a que son ampliamente utilizados en la industria con diferentes fines como farmacéuticos, cosmetológicos, químicos, etcétera, ya que poseen capacidades adaptativas y genéticas únicas, como la especie *Thermophilus aquaticus*, usada en biología molecular; proteobacterias como *Alcanivorax pacificus*, empleada en la biorremediación de derrames de hidrocarburos, o el uso de psicrófilos, para tratar aguas residuales. Por otro lado, también se ha investigado el potencial de las bacterias extremófilas en el sector agrícola, para producir bienes que se traducen en la producción y mejoramiento de los cultivos.

El control biológico

El control biológico es un término utilizado por primera vez en el año de 1919 por el fitopatólogo estadounidense Erwin Frink Smith, quien se refirió específicamente a las acciones de parásitos, depredadores y patógenos para contener la densidad de otro organismo; es decir, utilizar organismos vivos o sus partes para regular las poblaciones de plagas y enfermedades en cultivos. El presente escrito se enfoca principalmente al uso de bacterias para combatir hongos fitopatógenos que afectan a los cultivos.

Amigas y aliadas

Algunos de los géneros más importantes de las bacterias combatientes de hongos son: *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Streptomyces*, *Stenotrophomonas*, *Brevibacillus*; estas tienen un potencial antagónico, ya que afectan el crecimiento y desarrollo de los hongos fitopatógenos (Figura 1). Muchos de estos microorganismos se han logrado aislar de diferentes nichos o sustratos, por ejemplo: del suelo, de manera endófito de los vasos vasculares de las plantas, rizósfera de plantas, frutos y algunos cuerpos de agua. Sin embargo, también los podemos encontrar en lugares inhóspitos o difíciles para la supervivencia; a estos organismos se les denomina *extremófilos*, pues crecen, se desarrollan, reproducen y soportan condiciones adversas no aptas para cualquier microorganismo.





Figura 1. Bacteria del género *Bacillus*, aislada de la zona Páramo del Cofre de Perote, Veracruz, a una altura de 4,152 msnm. Autoría propia.

Estudios han comprobado el uso efectivo de las bacterias amigas para el control de hongos.

Recientemente se publicó una investigación en la que se encontraron las bacterias de la especie *Bacillus subtilis* y *Bacillus amyloliquefaciens*, las cuales redujeron el crecimiento de los fitopatógenos de diferentes especies como *Phytophthora cinnamomi* (tristeza del aguacate), la cual se presenta como una defoliación y muerte parcial del árbol, *Fusarium oxysporum* (marchitez vascular), que se presenta en las primeras etapas de la plántula, ocasionando un ahorcamiento del tallo y *Colletotrichum sp.* (antracnosis), el cual se presenta como una pudrición del tejido; estos organismos generan daños en los cultivos de aguacate, tomate, vainilla, entre otros, impactando a nivel económico.

• **Mecanismos de acción**

Las bacterias cuentan con diversas cualidades que utilizan para defenderse, ejerciendo un control sobre los fitopatógenos y, por ende, protegiendo a las plantas del ataque de organismos patógenos que producen enfermedades en ellas, a estas capacidades se les denomina *mecanismos de acción*.

Entre los principales mecanismos que tienen las bacterias para ejercer control destacan los siguientes:

- **Competencia por espacio y nutrientes.** Es un mecanismo de acción que se produce debido a la competencia por macro y micronutrientes esenciales, tales como carbohidratos, nitrógeno, oxígeno, hierro, entre otros, presentes en el medio en donde crecen tanto el hongo fitopatógeno como la bacteria; aquí es donde existe una competencia directa para la obtención de los mismos, generando una batalla entre las bacterias y los fitopatógenos. Estos nutrientes son esenciales para el crecimiento y desarrollo de ambos organismos, en consecuen-

cia, las bacterias obtienen los nutrientes, evitando que estén disponibles para los hongos fitopatógenos y así restringen su crecimiento.

- **Antibiosis.** Otro de los mecanismos utilizados por las bacterias para el control de fitopatógenos es la producción de compuestos antifúngicos y antibióticos, a través de los que se logra la lisis o ruptura de la pared celular. Un claro ejemplo es la producción de lipopéptidos, moléculas que se forman cuando se combinan un péptido y un lípido y pueden tener propiedades antibióticas, hemolíticas y detergentes.

El género más estudiado en la producción de estas moléculas es *Bacillus*.

Cabe destacar que este cuenta con más de 80 subespecies y es sugerente para la investigación, ya que en muchas de estas especies se ha detectado la capacidad de generar compuestos como fengicina, subtenolín, bacitracina, entre otros, los cuales, de acuerdo con estudios transcriptómicos, participan en la biosíntesis de proteínas y señalización de rutas metabólicas para la defensa de la planta.

Algunas de las moléculas en mención, se han evaluado en confrontaciones directas *in vivo* (invernadero) e *in vitro* (condiciones controladas de laboratorio), en especial contra hongos de importancia agrícola como *Fusarium oxysporum*, *Lasiodiplodia pseudotheobromae*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Alternaria alternata*, *Sclerotinia sclerotium*, *Botrytis cinerea*, etcétera, y, como resultado se ha obtenido inhibición de entre el 70% y 90%, además de mejorar la resistencia hacia estos fitopatógenos (Figura 2).

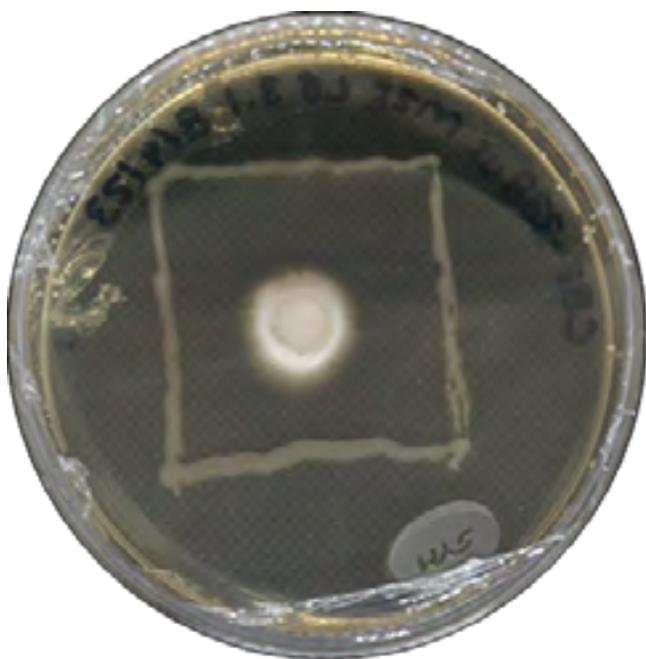
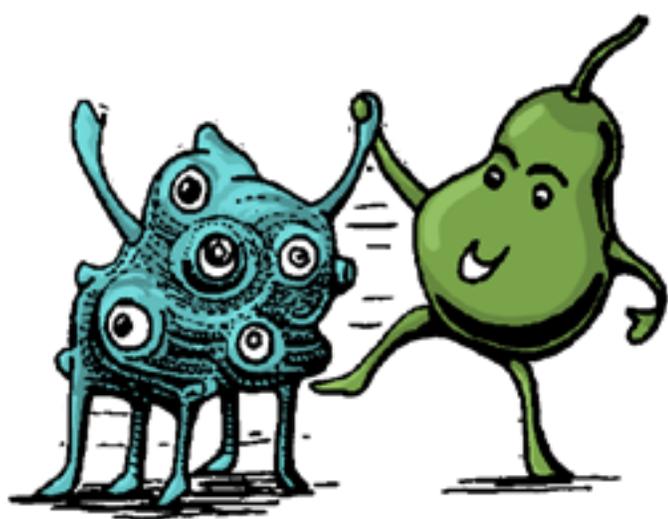


Figura 2. Estriado de confrontación de una bacteria del género *Bacillus*, aislada de un estromatolito de la laguna de Alchichica en Puebla contra el hongo patógeno *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici*. Aautoría propia.

- **Inducción de la resistencia sistémica en plantas.** Otra de las estrategias que utilizan las bacterias para reducir el crecimiento de los hongos y proteger a los cultivos es la inducción de resistencia en plantas, entendida como un proceso por el cual la planta activa sus defensas (su sistema inmune) en respuesta a la presencia de un patógeno.

Esta estrategia se da a través de moléculas llamadas metabolitos secundarios producidos por bacterias y hongos; este proceso es fundamental en la defensa y protección de las plantas contra infecciones, ya que permite a las plantas prepararse para enfrentar futuras amenazas, incluyendo mecanismos de inducción de resistencias como la producción de proteínas defensivas, en donde las plantas pueden producir diferentes proteínas, tales como quitinasas y proteasas inhibidoras, que reducen el crecimiento de los hongos. Esta protección también puede dar lugar a la síntesis de las llamadas fitoalexinas, sustancias antimicrobianas que las plantas producen en respuesta a la infección causada por los patógenos como los hongos y que ayudan a limitar el crecimiento de estos mismos reduciendo así su ataque.



Actividad bioestimulante, mejora de la productividad y salud del suelo

Como hemos visto, el uso de microorganismos (bacterias) como agentes de control biológico no es un enfoque nuevo. Sin embargo, su implementación en la agricultura es cada vez más frecuente, debido a que no solo combaten a los fitopatógenos que amenazan a las plantas, sino que también estimulan el crecimiento y desarrollo vegetativo. Esto se debe a la capacidad de producir o solubilizar hormonas vegetales, también conocidas como fitohormonas; algunos ejemplos son: auxinas, giberelinas y citoquininas, las cuales intervienen en el desarrollo de las raíces, el crecimiento del tallo y la germinación de las semillas. Esta interacción parece compleja, pero, ambos organismos se benefician mutuamente; la planta obtiene protección y la bacteria alimento.

Las bacterias brindan servicios ecosistémicos en la captura del nitrógeno atmosférico, que una vez captado, lo hacen asimilable para su metabolización y aprovechamiento.

Conclusión

Utilizar este tipo de microorganismos permite que se reduzca el uso de fertilizantes sintéticos, productos que dañan gravemente la microbiota del suelo (comunidad diversa de microorganismos, entre los que se incluyen bacterias, hongos, arqueas, virus y protozoos) y ponen en riesgo su fertilidad. Actualmente existen productos comerciales a base de microorganismos benéficos que se aplican a las semillas, a las plantas o al suelo y son llamados *bioestimulantes*, ya que funcionan como acarreadores de elementos indispensables necesarios para el desarrollo y crecimiento de las plantas (Figura 3).

En resumen, la productividad agrícola en México se ha visto perjudicada debido a numerosos agentes fitopatógenos que dañan los cultivos; esto provoca que disminuya el rendimiento y calidad de la producción. Para enfrentar este problema, se propone el uso de bacterias extremófilas como una de las mejores estrategias de control biológico de hongos fitopatógenos y por su probable papel como bioestimulantes y, sobre todo, por ser una estrategia amigable con el ambiente, ya que usa enemigos naturales de los hongos para contrarrestar su actividad antagónica en los cultivos. Sin duda, de esa manera, mejorará la calidad de los alimentos y se obtendrá mejor rendimiento productivo.



Figura 3. Prueba de promoción del crecimiento vegetal en jitomate utilizando diferentes dosis de bacterias bioestimulantes en un sistema hidropónico. Autoría propia.



Referencias

- An, B., Du, D., Huang, Z., Pu, Z., Lv, J., Zhu, L., Liu, S., Zhang, L., Chen, G. & Lu, L. (2024). Biocontrol of citrus fungal pathogens by lipopeptides produced by *Bacillus velezensis* TZ01. *Frontiers in Microbiology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1471305>
- Ansari, W. A., Krishna, R., Kashyap, S. P., Al-Anazi, K. M., Abul Farah, M., Jaiswal, D. K., Yadav, A., Zeyad, M. T. & Verma, J. P. (2025). Relevance of plant growth-promoting bacteria in reducing the severity of tomato wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. Sp. *Lycopersici* by altering metabolites and related genes. *Frontiers in Microbiology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1534761>
- Dios Ávila, N. D., Ríos Velasco, C., Luna Esquivel, G., Cambero Campos, O. J., Camberro Ayón, C. B. & Estrada Virgen, M. O. (2020). Identificación y actividad antagónica in vitro de aislados de bacterias contra hongos de importancia agrícola. *Revista Bio Ciencias*, 7. <https://doi.org/10.15741/revbio.07.e803>
- Khan, M. R. & Khedher, N. B. (2023). Competition for nutrients and space: A crucial mechanism for biological control agents in agriculture. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1012345. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1012345>
- Martínez Ruiz, F. E., Cervantes Díaz, L., Aíl Catzím, C. E., Hernández Montiel, L. G., Sánchez, C. L. D. T. & Rueda Puente, E. O. (2016). Hongos fitopatógenos asociados al tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) En la zona árida del noroeste de México: La importancia de su diagnóstico. *European Scientific Journal*, 12(18), 232. <https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n18p232>
- Zhang, X. & Li, J. (2023). Induction of plant defense responses by microbial metabolites: Mechanisms and applications in agriculture. *Plant Pathology*, 72(2), 678-690. <https://doi.org/10.1111/ppa.13510>

El sentido de la electricidad





Dinesh Rao

Traducción: Luis Esparza Serra

Si le preguntamos a un niño o niña qué poder sobrenatural le gustaría tener, es muy probable que nos diga: “poder de volar”. Al pedirle más detalles, seguro responderá algo así como el disfrutar del sentimiento de elevarse como un pájaro, remontar el paisaje y observar desde arriba sus rasgos más familiares, como su casa y su escuela. Esto equivale a visualizarse a sí mismo en el cuerpo de un pájaro. Pero sucede que el sistema sensorial de los pájaros es totalmente distinto al de los humanos, como lo es la manera en que su cerebro procesa la información proveniente de sus ojos.

Cada especie vive en un mundo sensorial distinto y, para nombrarlo, Jakob Johann von Uexküll, biólogo alemán, acuñó el término *Umwelt* hace cien años, para señalar que es imposible comprender el mundo de otra especie, a menos que tengamos acceso a sus capacidades sensoriales y a la manera en que su cerebro procesa las señales que recibe. Nos encontramos limitados por nuestras propias predisposiciones y relegados a ellas. Un ejemplo útil es el de los insectos. Mientras los humanos vemos los colores de las flores como una mezcla de rojo, azul y verde que, en combinación, dan paso a un vasto número de tonos, una abeja los ve como una mezcla de ultravioleta, violeta, azul y verde. Así pues, las mismas flores son percibidas de manera totalmente distinta; por ejemplo, el amarillo intenso de una margarita es para una abeja más bien tenue y hasta oscuro. No es difícil entender que las cosas puedan lucir diferente para otras especies, pues sabemos que las personas que sufren de daltonismo son incapaces de identificar algunos colores y que no perciben el rojo y el verde como la mayoría de los humanos. Pero el color es solo uno de los aspectos: imaginemos el espectro completo del universo sensorial, desde el tacto hasta el olfato, pasando por el oído. Además, hay un sentido que los humanos no podemos siquiera imaginar: la electricidad.

Aunque vivimos rodeados de electricidad, apenas tenemos conciencia de ella. Las diferencias de carga entre la tierra y las capas altas de la atmósfera forman un gradiente que fluctúa constantemente en función de las tormen-



tas, las corrientes de aire y las gotas de lluvia. Enraizados como están en el suelo, los árboles y otras plantas viven sujetos a estos gradientes y acumulan una carga negativa. Los animales, en cambio, por su capacidad de movimiento, acumulan una carga positiva que depende del tipo de plumaje y pelaje que posean. Nuestra conciencia de esta interacción eléctrica se manifiesta a través de simples experimentos de física, como cuando al frotar un globo con un trapo se forma una carga que hace erizar nuestro vello corporal.

Quizás los animales más conocidos que usan la electricidad sean las anguilas, que cazan a sus presas mediante choques eléctricos. Pero en este texto me interesa enfocarme en animales más pequeños que se valen de la electricidad de maneras sorprendentes, como las garrapatas y los ácaros. Estos insectos necesitan subir a animales de mayor tamaño, como los mamíferos y las aves, cuyo constante y rápido movimiento representan todo un reto. Para volar hacia sus huéspedes, las garrapatas y los ácaros se valen de ingeniosas estrategias, como el uso de la energía estática. Debido precisamente a su constante movimiento, los mamíferos y las aves acumulan cargas al rozar con las malezas o, en el caso de los colibríes, mediante el simple acto de batir sus alas. Al acercarse lo suficiente a sus futuros huéspedes, las garrapatas y los ácaros son atraídos y lanzados al aire, de manera que logran subírseles sin la necesidad de emplear más energía.

La observación de la vida cotidiana de los animales (y en particular la de los insectos) a través de la perspectiva de la ecología eléctrica, ha revelado cosas sorprendentes. Los caprichosos rasgos estructurales de los membrácidos (periquitos del nanche, toritos), con esas combinaciones de formas redondeadas, puntiagudas y retorcidas, fueron un misterio hasta que se descubrió que tienen la función de detectar el campo eléctrico de predadores y alertar de su proximidad. Las abejas, por su parte, son capaces de detectar en el campo eléctrico de una flor si esta ha sido visitada por algún otro polinizador y abandonarla para irse a otra, con lo cual ahorran energía.

Las arañas se valen del campo eléctrico para desplazarse y atraer insectos. Para las muy pequeñas, y especialmente para las más jóvenes, transportarse grandes distancias por los aires es muy sencillo, solo tienen que subirse a un tallo o rama, pararse de puntillas, elevar su abdomen y liberar un denso hilo de seda. La seda, que en las glándulas de la araña es líquida, se endurece al entrar en contacto con el aire y forma una estructura flexible y extensible, capaz de atrapar una corriente y, en un momento dado, actuar como un cometa que eleva a la araña y la transporta por los aires. Las arañas más grandes logran esto mediante la construcción de una estructura triangular parecida a la de un cometa.

Las alturas que alcanzan las arañas con esta técnica y las distancias que recorren son sorprendentes. Algunas han sido capturadas a cientos de kilómetros del punto más cercano de tierra. Uno de los casos más célebres fue dado a conocer por el mismísimo Carlos Darwin. En 1862, Darwin registró el aterrizaje de arañas en su barco, el HMS Beagle, a más de cien kilómetros de la costa suramericana en el océano Atlántico. Por mucho tiempo, se creyó que lo único que necesitaba una araña para elevarse por los aires era el viento, pero recientemente se ha demostrado que, para hacerlo, las arañas explotan el campo eléctrico diferencial. A medida que asciende por un tallo, la araña genera una carga, y al alcanzar el punto máximo, la diferencia entre la carga de la araña y la de la atmósfera es suficiente para lanzarla al aire. Una vez ahí, el viento actúa sobre la telaraña para llevarla a su destino.

Ahora que tenemos más claro cómo se comportan las cargas eléctricas en la naturaleza, podemos visualizar sus efectos, aunque no los percibamos.

Para comprender cómo funciona la mente de un pequeño insecto volador, tenemos que tratar de ver el mundo como él y actuar a partir de la información sensorial que recibe su cerebro, cosas como el olor de la flor favorita, el vislumbrar algo parecido a un matorral al que podemos dirigirnos, las vibraciones que produce el batir de nuestras alas, el sentido de la densidad del aire, las vibraciones generadas por la presencia de algún ser amenazante y, finalmente, el sentido del campo eléctrico que nos empuja en alguna dirección. Algunos de estos empujones son útiles, pero otros pueden ser peligrosos. Por ejemplo, para un ácaro, un empujón puede ser lo que necesita para alcanzar a su

huésped, pero para un insecto que se aproxima a una telaraña, el acabar chocando con un objeto invisible puede tener graves consecuencias. La colisión en sí puede no representar más que una pausa en el itinerario del insecto en cuestión, pero también puede causar daño físico a de escapar de las pegajosas gotículas que forran los hilos de una telaraña, la muerte a manos de una araña en espera es inminente. Aunque se cree que los insectos tienen una visión limitada y ven el mundo borroso, las nuevas investigaciones están cambiando estas nociones. Los insectos están dotados de dos ojos compuestos que rápidamente envían por duplicado información al cerebro a medida que sus cuerpos se mueven, lo cual equivale a tener una buena capacidad visual. Las pequeñas abejas meliponas son capaces de volar a través de los intersticios de una telaraña, pero lo que no pueden hacer es evitar el campo eléctrico.

Aunque las telarañas son en principio malas conductoras de electricidad, su recubrimiento de compuestos químicos atrae agua de la atmósfera, con lo cual se cargan de energía estática que las hace capaces de atraer cualquier partícula con carga eléctrica en su proximidad. No obstante, su efectividad para atrapar a una víctima se ve reducida por las múltiples partículas de polen o polvo que se les adhieren. Quizás sea por ello que la mayoría de las arañas tejen una telaraña nueva todos los días. Cuando un insecto se encuentra lo suficientemente cerca de una telaraña, la atracción es tal que la telaraña se expande para alcanzarlo. Atrapado en ese campo eléctrico, el insecto queda suspendido en el aire, resistiendo a una muerte inminente. Pero si el insecto tiene la capacidad de detectar esto a tiempo, puede usar las fluctuaciones en el campo eléctrico en su favor y salvarse.

Los estudios en el terreno de la ecología eléctrica, aunque aún incipientes, están abriendo nuevos caminos hacia una mejor comprensión de las fuerzas que nos rodean. Como criaturas eminentemente visuales que somos, los humanos entendemos el mundo a partir de lo que vemos. Pero si hacemos buen uso de nuestra imaginación, seremos capaces de aproximarnos a aquellos fenómenos que escapan a nuestra vista y comprenderlos. Para acercarnos a la visión que otros animales tienen del mundo, debemos deshacernos de nuestras predisposiciones y abrirnos a otros sistemas sensoriales. En la medida en que logremos esto, podremos aspirar a echar un vistazo al *Umwelt* de los demás seres con los que compartimos este planeta. Y así, cuando imaginemos elevarnos y volar por los aires, podremos ver el mundo como lo ve un pájaro.



Lecturas recomendadas

England, S. J. & Robert, D. (2022). The Ecology of Electricity and Electroreception. *Biological Reviews*, 97, 383-413. <https://doi.org/10.1111/brv.12804>.

London Natural History Society (2025, 23 de enero). England, S. J. *Electric Ecology: How Invertebrates Capitalise on Static Electricity. Brad Ashby Memorial Lecture at the London Natural History Society* [video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=e3R-5T1jVcfU>.

A Sense of Electricity

Dinesh Rao

If you ask a child what superpower they would like to have, many would choose the power to fly. If you ask for more details, they would say something like they would enjoy the feeling of soaring over the landscape like a bird and seeing the familiar landmarks like a house or a school from up above. But what they would visualise would be a version of their human selves flying in a bird body. A bird has a completely different sensory system, and the brain of the bird would process the information from its eyes in a way completely different to ours.

Every species lives in a different sensory world. A hundred years ago, a German biologist called Jakob Johann von Uexküll coined the term *Umwelt* to describe the sensory world that each species lives in, and posited that one cannot understand the world of any given species unless we have access to their sensory abilities and the brain to process these signals. We are limited and held back by our very human biases. An example from insects is useful here. We view the colours of flowers as a mixture of red, blue and green, together generating a vast number of shades, but bees view them as a mixture of ultraviolet, blue and green. Thus, the same flowers look completely different to bees -- the bright yellow colour of a *Margarita* flower is dim and dark to a bee. The difference in how something looks to different species is somewhat easy to imagine, after all, we are aware that some people have a condition called colour blindness or daltonism, where some hues such as red or green are not as they are seen by the majority of humans. But colours are just one aspect: imagining the entire spectrum of the sensory world from touch to scent to sound is a daunting task. And then, it is almost impossible to imagine a sense that we humans do not even possess: a sense of electricity.

We are surrounded by natural electricity, but we are barely aware of it. The difference in charge between the earth and the upper atmosphere creates a gradient that is constantly fluctuating through thunderstorms and flowing currents and raindrops. Plants and trees, because they are rooted to the ground and subject to this gradient, accumulate a negative charge, and animals, because they move around, accumulate a positive charge, accentuated by the kinds of hair and fur they possess. Our awareness of this sort of electric interaction only appears in the form of simple physics experiments, where rubbing a balloon with a cloth generates a charge that seemingly magically attracts strands of hair.

Perhaps the most famous animals that use electricity are the electric eels which hunt their prey by giving them shocks, but in this essay, I want to focus on smaller animals that use electricity in surprising ways.

Animals such as ticks and mites need to find and climb on to larger mammals and birds. The problem is that these animals are often in motion and are relatively fast, so the ticks and mites have trouble climbing on the fur. They solve this problem in a remarkably ingenious way: they fly to their target using static electricity. As these mammals and birds move around, they accumulate a charge by brushing against the undergrowth, or in the case of hummingbirds, just the action of flapping their wings generates this charge. Ticks and mites, when they come close enough to their target, are attracted and propelled through the air. In this way, they can clamber aboard their hosts without expending more energy.

Looking at the daily lives of animals, and especially insects through the perspective of electric ecology has revealed many surprises. Treehoppers often have strange structural features: their bodies show an amazing diversity of twisted and pointy forms, whose function was a mystery. Now researchers have shown that treehoppers may use these structures to detect the electric field of approaching predators: they have special sensing structures that respond only to the electric field generated by a predator. Bees can use the electric field of flowers and detect if a particular flower has been visited by a competitor pollinator and therefore move onto another flower, thus saving energy.

Spiders use the electric field in two distinct ways; first in a behaviour known as ballooning, and second to attract insects into the web. Ballooning is a behaviour that spiders, usually very small ones, and especially juveniles, use to travel great distances. A spider that wants to disperse climbs up to a stalk or a twig, positions its legs together in a behaviour known as tip toeing, puts its abdomen in the air and from its spinnerets releases a dense mat of silk in the air. Silk, which is liquid in the glands, hardens on contact with air and forms a flexible extensible structure that catches the wind. The spider releases silk that in time, it acts like a kite and has sufficient lift to raise the entire spider off the ground and launch it into the air.



Spiders can reach surprising heights with this technique, they have been captured at a few km above ground, sometimes a thousand kilometres away from the nearest land, and the one of the most celebrated record of spiders ballooning was by none other than Charles Darwin himself. In 1862, he recorded spiders landing on his ship the HMS Beagle more than 100 kilometres off the coast of South America in the Atlantic Ocean. Ballooning is not restricted to tiny spiders and juveniles; even large social spiders can do this under special circumstances by building a triangular kite-like structure. It was thought that wind was all it needed for a spider to get airborne; but recently researchers have shown that spiders exploit the electric field differential to get in the air in the first place. As the spider climbs up to an exposed stalk, it generates a charge and when it reaches the top, the charge difference between the spider and the atmospheric electric field is sufficient to get it into the air. Once airborne, the winds act on the silk and the spider to carry it on to its eventual destination.

Now that we have a better intuition of how electric charges work in nature, we can visualise their effects without actually sensing it. To put ourselves in the mind of a small flying insect, we need to see the world and act on it by receiving sensory information. Information like the aroma from a favourite flower, the glimpse of the blurry shape of a bush telling us where to head for, the vibrations that our wings produce, the feel of the dense air and the vibrations of approaching threats and finally the inexplicable sense of the electric field nudging us in certain directions. Some nudges are useful, for mites it would be a helpful push on to a useful target, but other nudges can be dangerous. For an insect that approaches a spider web, there is the obvious danger of crashing into an invisible obstacle, which has all sorts of repercussions. The effect of such a collision could be as mild as just a momentary pause in the insect's itinerary, or much harsher -- physical damage to the wings, and if the insect doesn't escape from the glue droplets that coat the silk, death in the form of a waiting spider. Though the consensus is that insects see the world blurrily, because their vision is limited, new research is changing this view. Insects can double the information they receive because of their two compound eyes and in combination with the speed of processing and the motion of their bodies, increase their viewing power. Even small stingless bees are capable of flying through the gaps in a spider web. But what they can't do is avoid the electric field.

Spider webs, though electrically an insulator, are coated with a complex cocktail of chemicals, and attract water from the atmosphere, during which process electrostatically charges the entire web. This means

that any charged particle in the vicinity is attracted towards the web. Any particle such as pollen or dust, flying through the air, is pulled onto the web, potentially reducing the effectiveness of the web. Perhaps this is why most spiders rebuild their webs every day. However, this applies to flying insects as well. These insects, if they find themselves close to a web, are pulled towards it, and more importantly, even the spider web deforms as it extends towards the insect. Pulled by these forces, the insect often comes to a stop mid-flight, held in mid-air and awaiting its eventual demise. Therefore, an insect that has a method to detect and use the fluctuations in the electric field that it is flying in will benefit by avoiding such dangerous encounters.

The field of electric ecology is still in its infancy and these studies are paving the way for a different understanding of the forces that surrounds us. Humans are very visual creatures; our sense of understanding of the world is driven by what we can see. But by exploiting the power of our imagination, we can approach and understand even those phenomena that we cannot see but perhaps we can imagine. By limiting our biases and accounting for different sensory systems, we can then arrive at a view of the world that other animals have. We can finally get a glimpse into the *Umwelt* of the other inhabitants of this shared physical world. And then, when we imagine soaring through the air as a bird, we can see the world not as a human inside a bird body, but as a bird would.

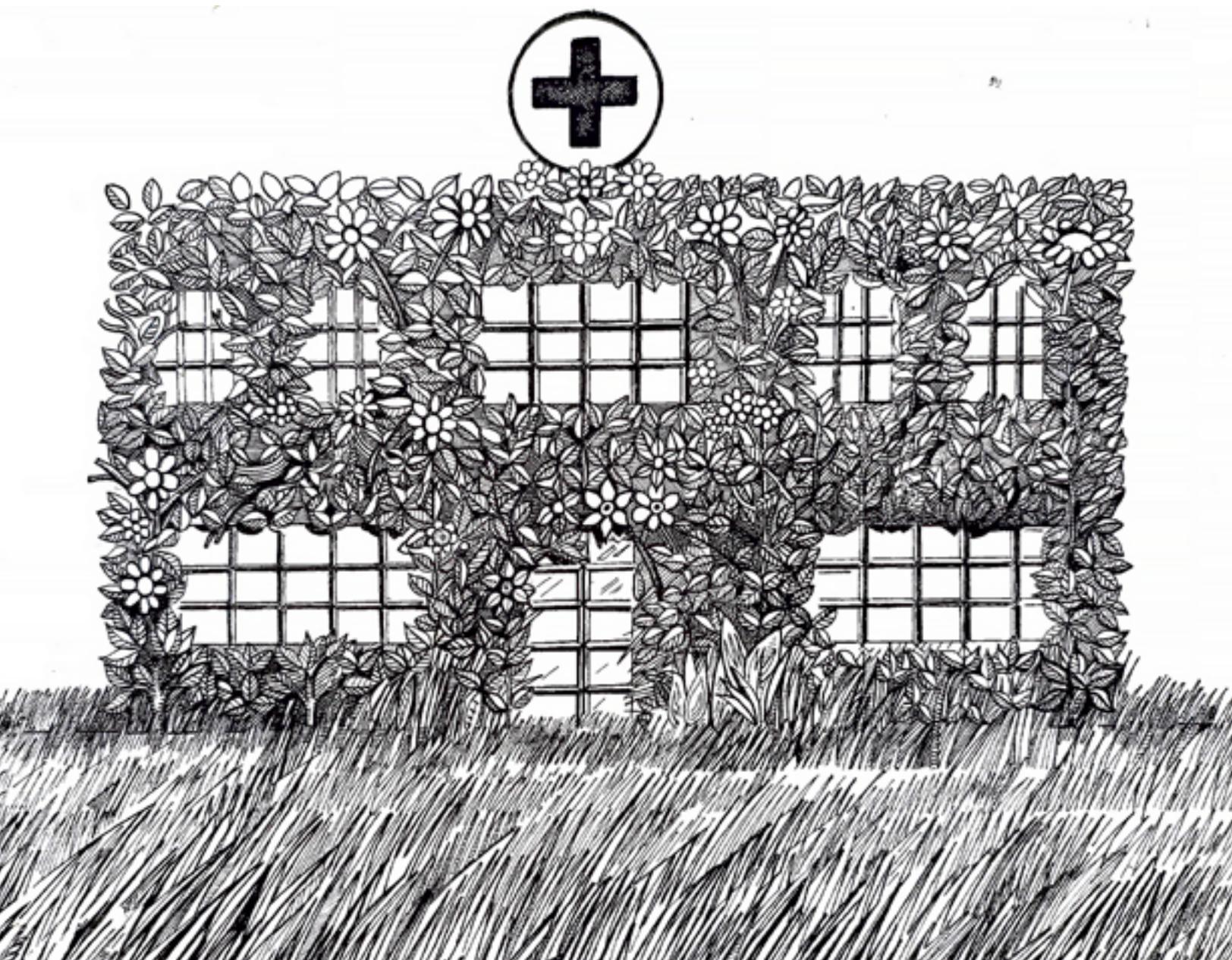
Further information

England, S. J. & Robert, D. (2022). The Ecology of Electricity and Electroreception. *Biological Reviews*, 97, 383-413. <https://doi.org/10.1111/brv.12804>
London Natural History Society (2025, 23 de enero). England, S. J. *Electric Ecology: How Invertebrates Capitalise on Static Electricity. Brad Ashby Memorial Lecture at the London Natural History Society* [video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=e3R5T1jVcfU>



Historia de la Fitopatología en México

Javier Camacho Morales,
Heidi Daniela Ceballos Vargas y
Linda Irene Camacho Morales



La fitopatología o patología vegetal es una ciencia interdisciplinaria que incluye conocimientos de botánica, microbiología, ciencias de cultivos, ciencias del suelo, ecología, genética, bioquímica, biología molecular, y fisiología; esta se encarga del estudio, diagnóstico y control de enfermedades de las plantas, ocasionadas por diversos agentes infecciosos como bacterias, hongos y virus. La historia de la fitopatología en México comprende desde los conocimientos empíricos de las civilizaciones prehispánicas, hasta los avances tecnológicos contemporáneos; a estado marcada por la diversidad biológica, la herencia cultural y los avances científicos, puntos clave para enfrentar varios problemas agrícolas y garantizar la seguridad alimentaria en el país.

Durante la época prehispánica, civilizaciones mesoamericanas como los olmecas, zapotecas, mayas o mexicas, cultivaban gran variedad de plantas: maíz, frijol o chile, fundamentales en su dieta y su economía. Si bien hasta hoy no se han encontrado registros concretos sobre fitopatología durante esa época, existen evidencias de enfermedades de las plantas en los códices y artefactos de dichas culturas. Desde entonces, las civilizaciones lograron identificar problemas como plagas y/o enfermedades en sus cultivos e implementaron ingeniosas estrategias como la rotación de cultivos, la asociación de plantas o el uso de remedios naturales como cenizas volcánicas, para mejorar la fertilidad del suelo, reducir la incidencia e impacto de plagas y enfermedades, permitiéndoles mantener su productividad.

Los pueblos mesoamericanos desarrollaron un conocimiento empírico acerca de las enfermedades que afectaban a sus cultivos y aplicaron diversas técnicas, como observar los patrones cíclicos de enfermedades asociadas a las condiciones climáticas, sobre todo, durante periodos de sequía o lluvias excesivas. Aunque su conocimiento carecía de bases que pudieran ser interpretadas bajo las bases científicas modernas y no contaban con una comprensión de los microorganismos patógenos, desarrollaron sistemas agrícolas sostenibles que minimizaban los riesgos fitosanitarios y promovían la diversidad de plantas que les permitieron mantener sus cultivos.

Con la llegada de los españoles, en el siglo XVI, se produjo un intercambio de productos agrícolas, al que llamaban *intercambio colombino*. Durante este proceso, se introdujeron nuevas plantas y cultivos como el trigo, café, caña de azúcar, cebada, arroz y cítricos, productos que llegaron junto con enfermedades desconocidas para los pueblos originarios, lo que provocó un periodo de crisis, al darse un encuentro biológico que transformó la agricultura, viéndose afectados los agricultores locales, quienes tuvieron que adaptarse a nuevas condiciones y enfrentar retos ante daños en sus cultivos como los provocados por la roya en el café y el carbón del trigo.

En la época colonial, algunos cronistas, como Francisco Hernández de Toledo, documentaron los usos tradicionales de las plantas y remedios indígenas, así como las enfermedades que afectaban a los cultivos y sus posibles remedios. Su trabajo marcó uno de los primeros intentos sistemáticos de recopilar información fitopatológica en el territorio mexicano. Hernández de Toledo observó cómo las enfermedades afectaban, tanto a cultivos nativos como a los introducidos y registró las prácticas locales para mitigarlas.

En ese entonces, la fitopatología no existía como disciplina en México; algunos naturalistas y cronistas de la época se centraron en la descripción y clasificación de las afectaciones en los cultivos, además, registraron las prácticas locales y las respuestas empíricas de los agricultores para eliminar las enfermedades. La introducción de herramientas y prácticas agrícolas europeas también trajo consigo nuevas técnicas de cultivo para el control de enfermedades, como la quema de plantas infectadas o el uso de sustancias químicas para controlar los patógenos.





Después de la Independencia de México, en 1821, la fitopatología en el país comenzó a desarrollarse de manera más formal. En 1864, aparecieron las primeras referencias que se conocen en México, siendo la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística quien proporcionó información sobre enfermedades de aquella época, hasta entonces desconocidas o con una idea errónea del agente que las causaba; a partir de entonces se profundiza más en la observación de cultivos de interés agrícola.

En el siglo XIX, con la consolidación de las ciencias naturales en México, iniciaron los primeros estudios sistemáticos sobre enfermedades de las plantas. En 1853, se funda la Escuela Nacional de Agricultura (ENA), por decreto del presidente Antonio López de Santa Anna, lo que marcó un hito, debido a que permitió la formación de especialistas que empezaron a abordar problemas fitopatológicos desde una perspectiva científica. Durante este periodo, se identificaron y clasificaron varias enfermedades que afectaban a cultivos importantes, como las plagas de pulgón del trigo y enfermedades como el tizón, de manera que se fueron introduciendo técnicas europeas para el control de plagas, como el uso de compuestos derivados de azufre y cobre.

El intercambio con científicos europeos y estadounidenses permitió la introducción de conceptos modernos en fitopatología, así como la identificación de bacterias, hongos y virus como agentes causantes de diversas enfermedades. A pesar de los avances, las limitaciones tecnológicas de la época dificultaban el estudio detallado de los microorganismos.

En 1900, durante la época Porfiriana, se promulgó un decreto para crear una Comisión de Parasitología, dedicada al estudio de los organismos que afectaban a las plantas, incluidos hongos, bacterias, virus, nematodos y otros organismos que causaban enfermedades en cultivos agrícolas y especies forestales. Entre los años de 1900 a 1907, esta comisión publicó aproximadamente 79 circulares y, entre los principales colaboradores, destacaron el profesor Alfonso Cabrera, cuyos primeros trabajos consistieron en el estudio de la mosca de la fruta, al igual que Guillermo Gándara, a quien se atribuye el primer compendio que se llamó *Breves Apuntes sobre Morfología Vegetal*.

En 1912 se estableció la Sociedad de Historia Natural, la cual publicó los primeros libros, algunas traducciones, guías vegetales y una serie de folletos titulados *Fitología Ilustrada*; también destaca el *Manual Práctico de Fitopatología Vegetal* escrito por Espiridión Contreras, así como el *Catálogo de Plagas y Enfermedades de la Caña de Azúcar*, dando así lugar al formal nacimiento de la fitopatología en México.

Durante la Revolución Mexicana, la fitopatología en el país sufrió un estancamiento debido a la inestabilidad política y económica. Sin embargo, se publicaron ciertas normas, decretos y cuarentenas que hacen alusión, entre otras, a los carbones, enfermedad que no existía en México y que, ante su peligrosidad eminente, se establecieron cuarentenas en algunas regiones, fundándose, en la década de 1920, el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), que se convirtió en un centro importante para la investigación en fitopatología en nuestro país. En este periodo, la fitopatología en México se centró en la investigación y el desarrollo de técnicas para controlar las enfermedades de las plantas.

Para el año 1923, los avances en fitopatología fueron progresando lentamente, cuando apareció la plaga de langostas migratorias, especialmente de las especies *Schistocerca piceifrons* y *Schistocerca cancellata*, convirtiéndose una amenaza recurrente para la agricultura, particularmente en los estados del norte y del centro del país. Ante esta situación, rápidamente se creó la Comisión para el exterminio de la langosta y comenzaron a realizarse otros estudios sobre algunas enfermedades, muy comunes en diferentes plantas frutales como la Cenicilla o *Rhizoctonia*, logrando un progreso considerable de investigación en esta área, entre los años 1928 y 1930.

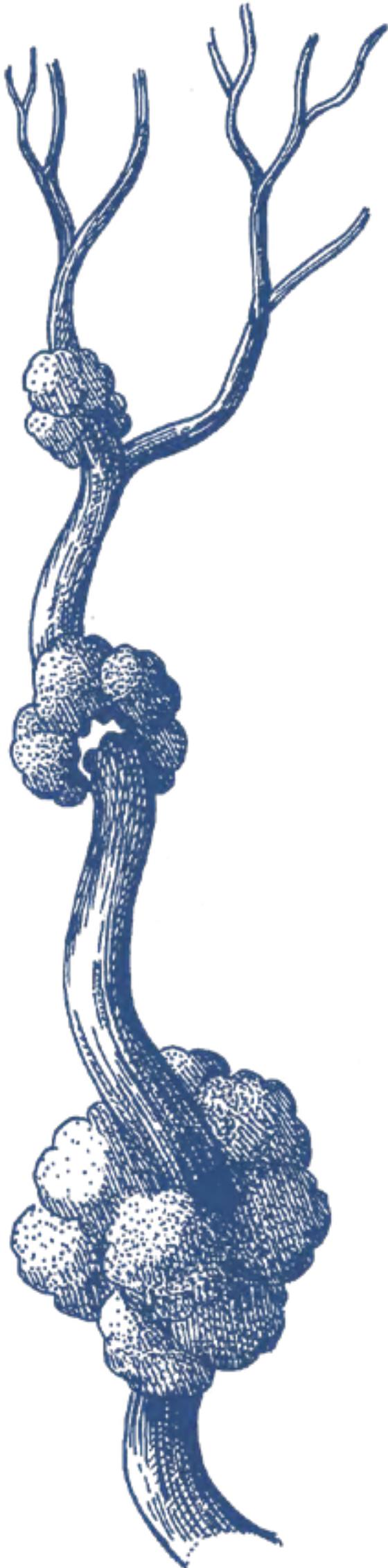
En 1935, en la Escuela Nacional de Agricultura de Chapingo se estableció la especialidad de parasitología y dos años después se fundó la Escuela Superior de Ciencias Biológicas del Politécnico Nacional. Durante este periodo, apareció una enfermedad que atrajo la atención, al ser vista por primera vez en México: el Chamusco del Plátano, enfermedad que afectó a los cultivos de plátano, en el estado de Tabasco, ante la cual se estableció una campaña de caldo bordelés, que se utilizó por primera vez para combatir enfermedades fúngicas. Este fue uno de los primeros intentos sistemáticos de control de enfermedades vegetales, a través de la aplicación de productos químicos en el país.

En la segunda mitad del siglo XX, la fitopatología mexicana experimentó un importante avance, centrándose en la investigación, el desarrollo de técnicas para controlar las enfermedades de las plantas y la difusión de conocimientos, comenzando a abordar problemas específicos en cultivos de importancia regional, como el agave o el cacao, prioritarios debido a su impacto económico por lo que se desarrollaron variedades resistentes y técnicas de manejo que ayudaron a mitigar las pérdidas.

Durante la década de 1940, se dio gran impulso al estudio de las variedades de maíz, frijol y trigo; años después, la papa y otros vegetales también se convirtieron en objeto de interés y en productos de exportación, fundándose así la Sociedad Mexicana de Fitopatología, la Comisión Nacional encargada de la Producción de Maíz, la Facultad de Agronomía del Tecnológico de Monterrey, el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y la Dirección General de la Defensa Agrícola, llegando a ser los centros más importantes para la investigación y la difusión de conocimientos en fitopatología en México.

La década de 1950 se considera como el despertar científico de la fitopatología en el país. Las actividades sobre esta ciencia adquirieron mayor importancia, destacando organismos como el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, el Instituto Mexicano del Café, la Comisión Nacional de Fruticultura, los Centros de Enseñanza Agrícola Superior, el Instituto Politécnico Nacional y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), como instituciones que cuentan con mayor número de especialistas en diversas investigaciones en el área. En ese año, destacó la Dirección General de Sanidad Vegetal, que se enfocó en el diagnóstico y vigilancia de enfermedades que no existían en el país, con el fin de evitar mayores plagas y enfermedades en la agricultura mexicana.





Durante la segunda mitad del siglo XX, México jugó un papel clave en la Revolución Verde, con el desarrollo de variedades de trigo y maíz resistentes a enfermedades, pero este periodo también estuvo marcado por el uso masivo de fungicidas y pesticidas, lo que, si bien redujo las pérdidas en los cultivos, sumó preocupaciones ambientales. A la par, se crearon programas de capacitación para agricultores, a través de los que se promovieron técnicas como el manejo integrado de plagas y enfermedades (MIP), lo que marcó un cambio de paradigma, al buscar una mayor sostenibilidad.

En 1985, en la Dirección General de Sanidad Vegetal presentó un compendio de información sobre las enfermedades predominantes y trascendentes que se presentaron en el territorio mexicano desde 1930 hasta ese año. Hacia finales del siglo XX, comenzó a popularizarse el uso de agentes biológicos para el control de enfermedades y plagas, por ejemplo, el uso de hongos antagonistas como *Trichoderma* y bacterias beneficiosas como *Bacillus subtilis*, incorporándose al MIP para reducir el uso de productos químicos.

En la actualidad, la fitopatología en México se enfoca en la conservación y el uso sostenible de los recursos genéticos de las plantas, siendo un área de interés para las distintas disciplinas que se centran en la investigación y desarrollo de técnicas para controlar y prevenir enfermedades en diversas especies vegetales. La investigación actual dirige su atención a enfoques sustentables, siendo la biotecnología uno de los campos más importantes con el desarrollo de diversas herramientas y la implementación de tecnologías avanzadas, entre las cuales se encuentran las siguientes: la edición genética, la producción de proteínas recombinantes o la secuenciación de ADN para la detección y caracterización de los patógenos, así como el MIP, biocontroladores, o el empleo de tecnologías de inteligencia artificial para monitorear y predecir brotes de enfermedades.

La educación y la capacitación constante en este rubro, es fundamental para el desarrollo de la fitopatología; la formación de profesionistas es esencial para abordar los desafíos que enfrenta la agricultura y la producción de alimentos en el país. En México, actualmente existen instituciones de educación superior que ofrecen programas de estudio en fitopatología como la UNAM, la Universidad Autónoma de Chapingo, la Universidad Veracruzana, la Universidad Autónoma de Nuevo León, el INIFAP y el Colegio de Postgraduados enfocándose en la investigación de fitopatógenos con diversos programas de investigación financiados con fondos públicos y/o privados provenientes de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación o de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

La colaboración entre instituciones es fundamental para el avance de la ciencia en México, así como la divulgación y la transferencia de tecnología son fundamentales para el avance este campo de estudio, por lo que la divulgación de los resultados de las investigaciones, el desarrollo de técnicas y estrategias para controlar las enfermedades de las plantas, puede fortalecer la capacidad de los agricultores y los productores de alimentos para controlar las enfermedades en sus cultivos.

La historia de la fitopatología en México refleja una constante adaptación y evolución frente a los desafíos agrícolas, desde las estrategias empíricas hasta los enfoques tecnológicos actuales; esta disciplina ha sido clave para garantizar la seguridad alimentaria y la sostenibilidad agrícola. En la actualidad, se enfoca en la investigación y el desarrollo de técnicas para controlar las enfermedades de interés agrícola y plantas ornamentales, enfrentando retos complejos derivados del cambio climático, la globalización o la aparición de nuevas enfermedades. La investigación en este campo se ha diversificado, incluyendo estrategias como el uso de biocontroladores, el desarrollo de variedades genéticamente mejoradas y el manejo integrado de plagas y enfermedades. Instituciones como el INIFAP, el Colegio de Postgraduados y la UNAM lideran proyectos que buscan soluciones sostenibles para los problemas agrícolas del país, sin embargo, el futuro de la fitopatología en México dependerá de la colaboración entre científicos, agricultores e instituciones capaces de enfrentar los retos del siglo XXI.

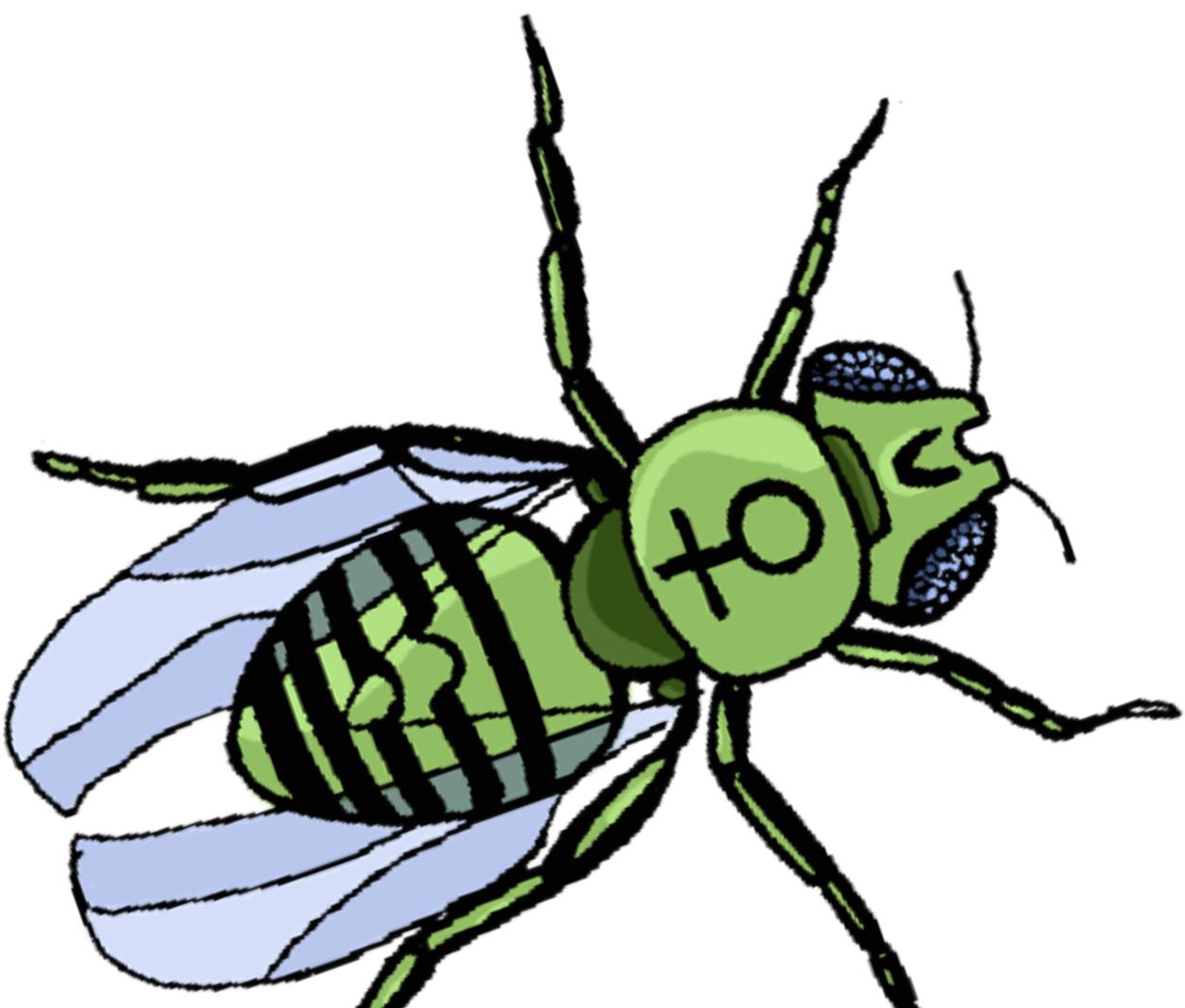
Referencias

- Cañedo, E. (1988). Panorama histórico de la fitopatología en México. *Extensión*, 29, 21-22.
- Galindo Mendoza, G. & Contreras Servín, C. (2017). *La sanidad vegetal en México Memoria Histórica*. México, UASLP-CIACyT-PMCA.
- Rodríguez Vallejo, J. (2000). *Historia de la fitosanidad en México*. Siglo XX.
- Servín, C. C. (2022). Historia de la sanidad vegetal en México de 1900 a 1963. La comisión de parasitología agrícola y el departamento de parasitología. *Revista Inclusiones*, 01-23.



Fruticultura mexicana en riesgo: mosca del Mediterráneo estéril como herramienta de control

José Arredondo y
Francisco Díaz Fleischer



Al comer y degustar frutos maduros como naranjas, mangos, guayabas, manzanas, peras y ciruelas, entre muchos otros, ocasionalmente encontramos gusanos. Estos gusanos suelen ser las crías de diversas especies de insectos, aunque casi siempre proceden de moscas de la fruta de la familia conocida como *Tephritidae*. Las hembras de las moscas de la fruta “inyectan” sus huevos dentro de los frutos cuando estos comienzan a madurar y, cuando estos eclosionan, dan origen a gusanos (larvas) que se alimentan de la pulpa y/o de las semillas y forman parte del ciclo de vida de dichos insectos.

Los gusanos afectan la apariencia, el sabor y el olor de los frutos, haciéndolos poco atractivos para su consumo y, por lo tanto, dificultan su comercialización en mercados nacionales e internacionales.

De acuerdo con su origen, las moscas de la fruta pueden ser nativas (originarias de la zona o país) o introducidas (exóticas). En México, las especies nativas más conocidas son las moscas del género *Anastrepha*, donde destacan cuatro especies, dada su relevancia económica: *A. ludens*, *A. obliqua*, *A. striata* y *A. serpentina* (Figura 1 A). En el caso de las exóticas, llama la atención la mosca *Ceratitis capitata*, conocida comúnmente como la mosca del Mediterráneo o “moscamed” (Figura 1 B).

La moscamed está considerada como una de las plagas más importantes a nivel mundial, debido a su capacidad de parasitar a más de 350 especies de frutos y por su amplia distribución. Esta mosca es de origen africano, pero en la actualidad se encuentra básicamente en todo el planeta. Por ejemplo, en el continente americano, se distribuye desde Argentina hasta Guatemala, siendo Chile el único país de Sudamérica libre de la plaga. Su presencia en una región o país es motivo de severas restricciones fitosanitarias que dificultan la comercialización de ciertos frutos y obliga a generar campañas para su control. El combate de estos insectos es prioritario para producir fruta sana y ampliar y asegurar mercados.

La mosca del Mediterráneo fue reportada por primera vez en México en el año 1977; sin embargo, en 1982 nuestro país fue declarado libre de esta plaga. Lo anterior se logró gracias a las acciones operativas del programa fitosanitario conocido con el nombre de Moscamed.

El programa Moscamed se encarga de cuidar todo el territorio de posibles invasiones de la mosca del Me-

A



B

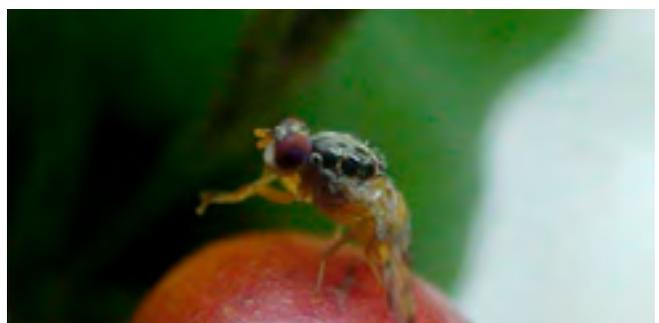


Figura 1. A) Especies de *Anastrepha* de importancia económica: *A. ludens*, *A. obliqua*, *A. striata* y *A. serpentina*, B) *Ceratitis capitata*.

diterráneo, puesto que, si esta se llegara a establecer, se podría prohibir la exportación o movilización de frutas y hortalizas, impactando fuertemente la economía de México.

Las acciones operativas de control del programa Moscamed se basan en el manejo integrado de plagas y en el concepto de *áreas amplias*. El primero, consiste en la aplicación simultánea o alternada de varios métodos

de combate compatibles, cuyo objetivo es potenciar el resultado de las medidas de control, mientras que el concepto de áreas amplias consiste en aplicar las medidas de control, de manera coordinada, en grandes zonas, no solo en cultivos individuales y puede incluir zonas geográficas que abarquen varios municipios o incluso países. Con dichas medidas se eliminan las poblaciones de los insectos plaga dentro de todo un ecosistema y se reduce o evita la reinfestación.

Parte de las estrategias de prevención del programa Moscamed es mantener, de manera permanente, una barrera de contención en la frontera de México con Guatemala, ya que la mosca del Mediterráneo está presente en todo Centroamérica y, por tanto, su migración a nuestro país es muy fácil. Una herramienta clave, en la contención de la plaga, es el método de control llamado Técnica del Insecto Estéril (TIE) o *Autocida*. Esta técnica consiste en liberar, de manera periódica, millones de moscas estériles en las zonas donde hay reinfestación o brotes, con el fin de que se apareen con adultos de la población de campo, evitando que exista descendencia; en otras palabras, se diría que se realiza un control natal de la plaga y, después de un tiempo, se logra la extinción.

La TIE es considerada el método de control más “eco-amigable” existente, ya que no genera daños a la salud humana o animal, ni tampoco al medio ambiente. No obstante, para su aplicación, se requiere de la producción de millones de insectos estériles.

En su inicio, la aplicación de la TIE de la mosca del Mediterráneo se realizó liberando hembras y machos estériles; sin embargo, se ha demostrado que liberar exclusivamente machos estériles aumenta la eficiencia de la TIE. Un solo macho estéril puede aparearse con múltiples hembras silvestres, mientras que las hembras estériles, generalmente, solo se aparean una vez. Por lo anterior, se considera que el macho es el principal agente para transmitir la esterilidad a la población silvestre. Además, las hembras estériles prefieren aparearse con machos estériles, lo que distrae a estos últimos de copular con hembras silvestres, con lo cual disminuye la introducción de la esterilidad en las poblaciones de campo.

Cabe mencionar que, las hembras estériles también perforan la fruta para poner huevos y, aunque no nazcan larvas, la perforación puede provocar infecciones por microorganismo y pudrición, afectando la calidad de los frutos. Otro beneficio de liberar solo machos es la reducción sustancial de costos en la aplicación de la TIE, ya que al excluir a las hembras, se reducen las actividades de producción masiva, marcaje, esterilización y liberación en campo. Liberar solo machos es posible y se logra mediante el uso de Cepas Sexadas Genéticamente (CSG). Estas cepas están modificadas en su estructura genética y permiten la diferenciación y eliminación de las hembras en estados biológicos previos a la liberación.

Cría masiva

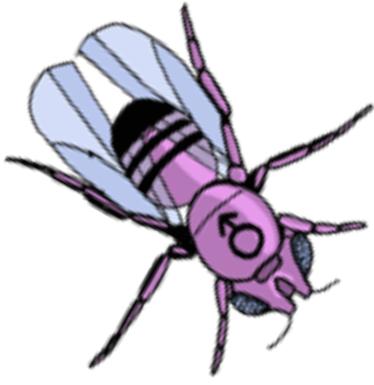
Las moscas de la fruta son insectos que presentan cuatro estados biológicos: huevo, larvas, pupas y adultos. Su ciclo comienza con una hembra oviponiendo (“inyectando”) sus huevecillos dentro de un fruto que ha iniciado su madurez. De los huevos eclosionarán larvas (gusanos) que se alimentarán de la pulpa y/o semilla del fruto, hasta abandonarlo una vez cae del árbol.

Las larvas de la mosca del Mediterráneo tienen la peculiaridad de que saltan, atributo que les sirve para escapar de depredadores como hormigas, lagartijas o aves.

Las larvas se entierran y se transforman en crisálida (capullos como las mariposas), pero en moscas este estado es más conocido con el nombre de pupas; después de un periodo, emergerá un adulto que requerirá de un tiempo para madurar sexualmente y después del apareamiento, la hembra buscará frutos para ovipositarlos.

En México, la cría de moscas del Mediterráneo se realiza en la Planta Moscamed, ubicada en Metapa de Domínguez, Chiapas, frontera con Guatemala, donde a mediados de 1979 inició su producción masiva. En su inicio, la planta contaba con capacidad para producir quinientos millones de pupas de ambos sexos, pero pronto esto fue insuficiente y, en años recientes, se construyó una nueva planta que fue inaugurada en agosto del 2021, cuya capacidad de producción es de mil millones de pupas a la semana, es decir, el doble de producción y de solo machos, lo que cuadruplica la cantidad de machos estériles (Figura 2 A).





A



La cría a gran escala se realiza con moscas de la cepa de sexado genético Vienna-8, la cual presenta principalmente dos características: se puede distinguir el sexo desde el estado pupal, ya que los puparios de los machos son de color café, mientras que en las hembras son blancos; por otro lado, las hembras son más sensibles a la temperatura que los machos. Esta última característica es lo que permite producir masivamente solo machos (Figura 2 B).

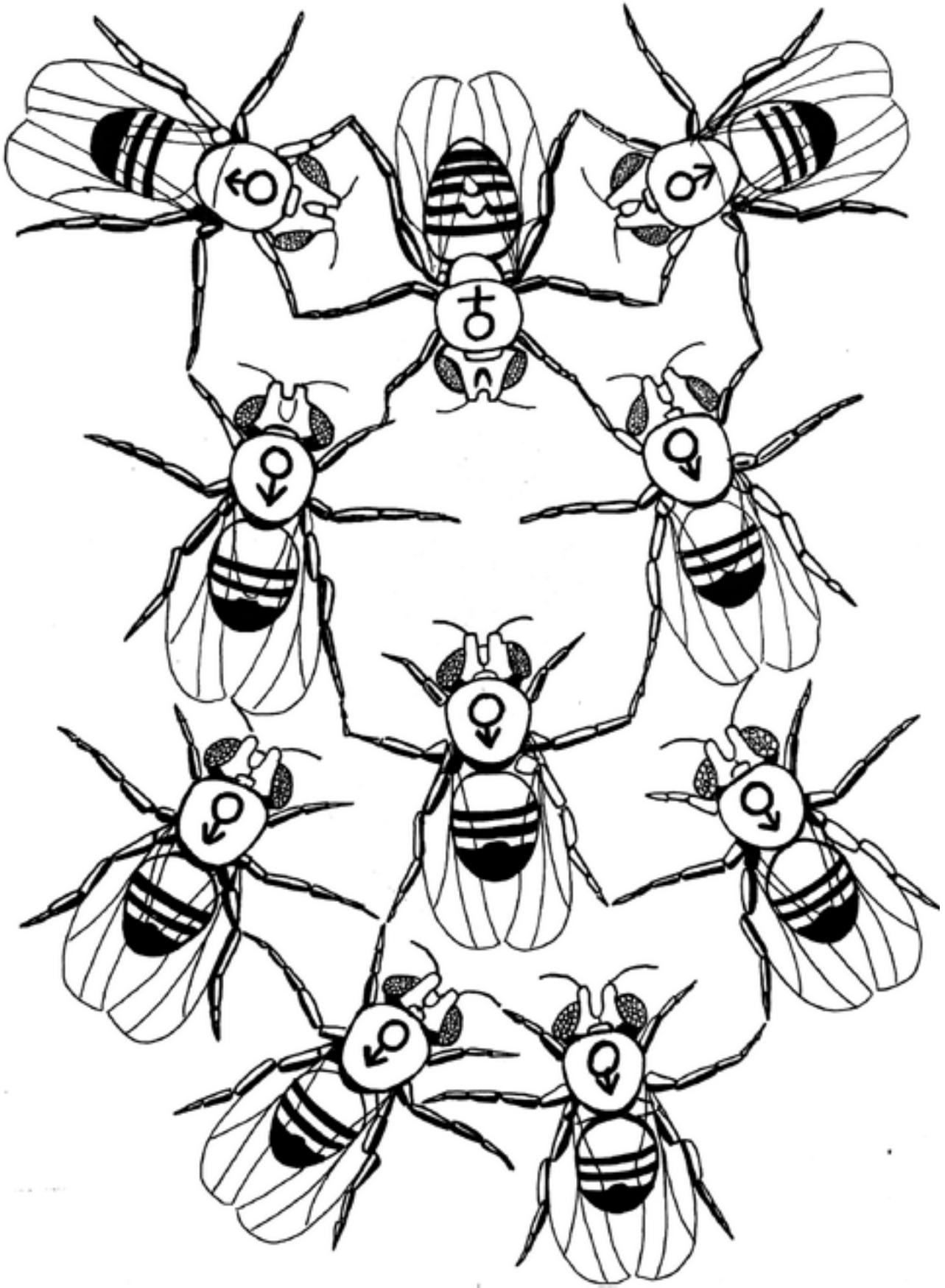
La producción inicia con jaulas de adultos o jaulas de reproductores, con capacidad de aproximadamente 10 mil parejas, que son provistas de alimento rico en proteína y agua (Figura 3 A). Las hembras ponen los huevos a través de la malla acrílica que rodea toda la jaula, cayendo a canaletas con agua para evitar que se sequen y mueran. Los huevos diariamente son recogidos y se incuban en agua con un sistema de burbujeo, para proveerles del oxígeno que requieren y se mantienen a 24 °C (Figura 3 B). Cuando cumplen 24 horas de incubación, la temperatura se incrementa a 34 °C por 12 horas y, con esto, todo huevo que produciría una hembra muere, pero no así los huevos que darán origen a los machos. Al completar 48 horas de incubación, los huevos se colocan en bandejas con dieta larvaria que alimentará las larvas que eclosionen de los huevos.

Durante el proceso de producción, la dieta es una mezcla de celulosa con agua, levadura, salvado de trigo, azúcar e incluye algunos conservadores como el ácido cítrico y el benzoato de sodio. El periodo larval es entre 5 a 10 días y es diferenciado por el sexo. Las hembras tardan más en madurar en comparación con los machos. Alcanzada su madurez, las larvas abandonan la dieta, saltan y caen dentro de unos contenedores que permiten su colecta y son colocadas en cribas para inducir la pupación. Una vez han madurado y completado su transformación, faltando dos días para la emergencia del adulto, las pupas se tiñen con colorante fluorescente especial, lo que permite identificar al adulto, una vez emerge.

B



Figura 2. A) Planta de cría Moscamed, B) Pupas de moscas blancas y cafés.



A



B



Figura 3. A) Jaulas con reproductores, B) incubadora de huevos de Moscamed.

En cuanto al proceso de esterilización, se realiza con la pupa teñida y el método es mediante la exposición a rayos gamma de una fuente de cobalto (imaginémosnos que fueran expuestas a los rayos X que se emplean para las radiografías). Una vez esterilizadas las pupas, se envían al centro de empaque, ubicado en Tapachula, Chiapas, donde se prepararán para que el adulto emerja, sea transportado y, por último, liberado vía área en las zonas donde se requiera controlar.

Para concluir, el programa Moscamed en el 2025 cumplió 46 años de haber iniciado sus operaciones. Durante este lapso, ha funcionado con gran éxito sin perder su objetivo: mantener libre a México de la presencia de la mosca del Mediterráneo.

Es importante recalcar la enorme importancia del programa Moscamed para la producción frutícola del país. De ahí que mantener la barrera fitosanitaria que controla el ingreso de la plaga requiere de técnicos muy capacitados, al igual que de los recursos económicos necesarios para realizar las labores de combate se mantengan y tengan, además, la suficiente flexibilidad para poder atender situaciones de contingencia.

Para saber más

Enkerlin, W.R., Gutiérrez Ruelas, J.M., Pantaleon, R., Soto Litera, C., Villaseñor Cortés, A., Zavala López, J.L., Orozco Dávila, D., Montoya Gerardo, P., Silva Villarreal, L., Cotoc Roldán, E., Hernández López, F., Arenas Castillo, A., Castellanos Domínguez, D., Valle Mora, A., Rendón Arana, P., Cáceres Barrios, C., Midgarden, D., Villatoro Villatoro, C., Lira Prera, E., Zelaya Estradé, O., Castañeda Aldana, R., López Culajay, J., Ramírez y Ramírez, F., Liedo Fernández, P., Ortíz Moreno, G., Reyes Flores, J. & Hendrichs, J. (2017), The Moscamed Regional Programme: review of a success story of area-wide sterile insect technique application. *Entomol Exp Appl*, 164, 188-203. <https://doi.org/10.1111/eea.12611>

El diagrama: un beso interseccional entre arte y ciencia

Rodolfo Sousa Ortega

Un campo florido

Cuando estudiaba artes tenía una clase en la que, al hablar de lo “clásico” y lo “moderno”, la conversación se descarriló hacia escenas domésticas. Alguien contaba que, mientras cocinaba, ponía música aburridísima y pretenciosa, que para su pareja era puro ruido y para él eran “obras clásicas”. Remataba con humor: esos desacuerdos son un clásico del matrimonio. Habría que añadir que la “escucha” de ella era más clásica que la suya. Yo, entre la risa y la confusión, llenaba la libreta con flechas y notas sueltas. Tiempo después decidí ordenar el caos: dibujé una flor. Cada pétalo era un tiempo o enfoque distinto: lo clásico frente a lo moderno, contra lo romántico, y su significado en la vida cotidiana. No era exacto, pero funcionó; ese diagrama convirtió una charla dispersa en un mapa legible. Me enseñó que “clásico” no es una cosa fija, sino una visión que cambia con la época, pero que mantiene relaciones y constancias.

En 1858, durante la Guerra de Crimea, la enfermera Florence Nightingale recopila mensualmente las causas de muerte de los soldados. Las coloca de forma circular, cada rebanada es un mes, el área del segmento cambia según la tasa de mortalidad, y los colores separan las causas.

Con ese apoyo visual, Nightingale deviene estadista, concluye que las enfermedades prevenibles mataban mucho más que el combate, y disminuyen tras introducir medidas de higiene.

En un ejercicio para mis estudiantes de diseño, Perla García realiza un diagrama sobre la carrera de Britney

Spears. Cada flor que recuerda al ícono de la cantante es un año, el área del pétalo crece según los escándalos sobre Britney y su tutela. Lo interesante no es el *fan art*, sino el patrón: picos y pausas son legibles de un vistazo; el diagrama transforma los rumores de titulares en ritmos de trabajo (Figura 1).

Giorgia Lupi y Stefanie Posavec dibujan postales semanales, donde traducen hábitos cotidianos (mensajes, miedos, encuentros, traslados) en diagramas radiales que parecen flores: cada “pétalo” codifica un tipo de evento; el área y la longitud varían según frecuencia o intensidad; el color distingue categorías. Así, lo íntimo se vuelve patrón legible: ritmos de ansiedad o de calma, vacíos y repeticiones emergen de un vistazo.

En cada uno de estos casos subyace una pregunta: ¿cómo hacer visible lo invisible? Para responderla, es necesario detenerse en el estudio del diagrama, una forma de imagen que representa y además estructura relaciones y activa los sentidos.

A lo largo del tiempo, los diagramas han servido como modelos del mundo, ya sea para expresar ciclos naturales, narrativas míticas o procesos científicos.

Frente a ellos, los símbolos condensan experiencias múltiples, evocan lo difícil de evocar, y tienden puentes entre lo racional y lo sensible. El diagrama frente al símbolo, es un modo de creación de conocimiento y de expresión, explorando su morfología, su estética y su rol histórico.

La percepción de la vida de

Britney Spears

Mi objetivo es reflexionar sobre sus formas de ordenar el caos, conectar dimensiones dispares del mundo, y generar lenguajes que no separan lo técnico de lo espiritual. A partir de ejemplos rituales, científicos y especulativos, propongo un recorrido visual por estas formas de pensamiento, así como por sus interferencias contemporáneas.

1. El diagrama antes de la ciencia y el arte

Pese a que diferentes culturas compartieron un mismo impulso por comprender y representar el mundo, en la actualidad arte y ciencia suelen concebirse como disciplinas separadas, cada una con su propio lenguaje y sus objetivos. Al estudiar la existencia de la tecnología, el filósofo Gilbert Simondon, observa que en los orígenes de la humanidad el pensamiento mítico reúne lo natural, lo humano y lo divino como unidad. Con el tiempo, la técnica se diferencia de la naturaleza como una prolongación del cuerpo humano, y la visión unificada del mundo se fragmenta.

Bajo esta óptica, los objetos rituales antiguos y algunas construcciones religiosas, además de cumplir una función simbólica de carácter político o religioso, son diagramas cosmológicos. Sus patrones geométricos, sus ejes y repeticiones dan cuenta de una representación de la visión mítica.



Figura 1. Ejercicio de diseño. Autoría: Perla García Moreno.

En el Museo de Antropología de Xalapa hay una sección destinada al sitio arqueológico El Zapotal, de la cultura de la mixtequilla en el periodo posclásico. Aunque existen algunas figuras y restos óseos, la sala no alberga la efigie principal de Miclantecuhtli, el dios de la muerte, debido a que esta y los murales a su alrededor están hechos de barro sin cocer, imposibles de transportar. El montículo 2 tiene nueve escaleras que se interpretan como los nueve niveles verticales que llevan a Mictlán, el Inframundo náhuatl, el dominio del Dios de la Muerte. La disposición de los murales alrededor del adoratorio (Figura 2), actúan como un calendario estacional, y como diagrama narrativo de los mitos solares y estacionales.

Otro ejemplo es el *Árbol de la Vida* (Figura 3), el diagrama de la creación en la *Cábala*, la rama mística de la tradición judía, que es un modelo icónico y organigrama de Dios como creador, con las fuerzas dinámicas de los nodos (las *sefirot*) que vibran entre sí produciendo el impulso divino (Rotman, 1987).

2. La imagen y el diagrama

Un diagrama es una imagen que organiza en un mismo campo visual distintos elementos extraídos de un fenómeno, elementos que en la realidad son objetos concretos, aparecen en el diagrama como fuerzas, funciones o relaciones abstractas. En ese proceso, quien diseña el diagrama deja atrás la forma completa de su objeto de estudio para convertirlo en piezas que nos ayudan a comprender cómo funciona algo.

Una distinción importante: el diagrama, en principio, se diferencia de otras imágenes porque no busca transmitir una experiencia sensible o emocional, sino mostrar estructuras, procesos o relaciones funcionales.

Pensemos en una pintura de un paisaje con montañas. Aunque no registre datos objetivos ni proporciones exactas, transmite una vivencia del entorno: el color del cielo, la atmósfera brumosa, la escala de los elementos pueden evocar calma, soledad o majestuosidad (Figura 4).

En contraste, un diagrama del ciclo del agua (Figura 5) no intenta generar una experiencia estética. Su propósito es mostrar cómo circula el agua en la naturaleza: evaporación, condensación, precipitación, escurrimiento. Cada elemento está reducido a una función, y lo que importa no es cómo se ve el río, sino qué papel cumple en el sistema, de manera que lo visual está al servicio de lo explicativo.

Lo particular del diagrama es que al simplificar lo visible, permite vincularlo con lo invisible: estructuras, procesos o relaciones invisibles a simple vista, pero que son fundamentales para estudiar un fenómeno. El mapa del metro de la Ciudad que no respeta distancias reales: “traiciona” la geografía para hacer legibles rutas, transbordes y decisiones rápidas. Ese es el gesto diagramático: sacrificar semejanza por legibilidad operativa. En este aspecto, el diagrama es diseño.

Cabe un paréntesis: ¿cuál es la diferencia entre símbolo y diagrama? Mientras el símbolo multiplica sentidos, el diagrama los articula. El símbolo abre caminos afectivos, mitológicos o filosóficos, mientras el diagrama traza relaciones funcionales, técnicas o cognitivas.

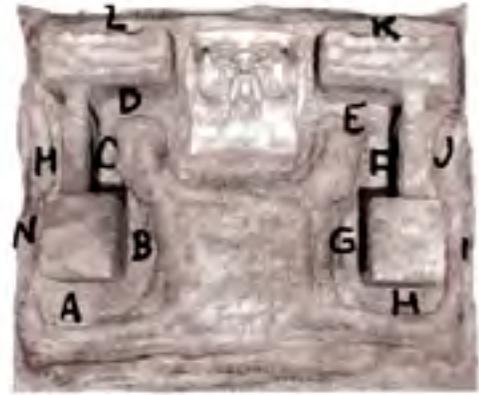


Figura 2. Modelo del Adoratorio en el montículo 2, sitio arqueológico El Zapotal. Elaboración propia.

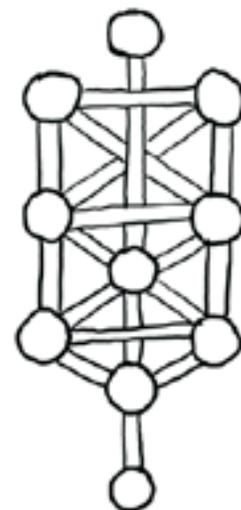


Figura 3. *Árbol de la vida*. Elaboración propia.



Figura 4. Paisaje a partir de un dibujo de John Ruskin. Elaboración propia.

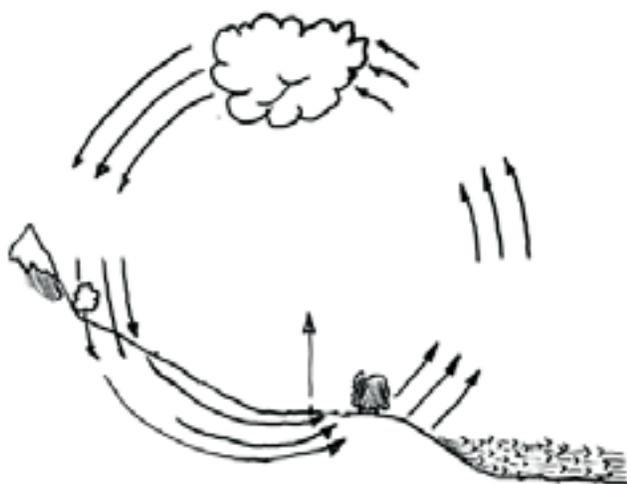


Figura 5. Diagrama del ciclo del agua. Elaboración propia.

Ambos son dinámicos y conducen a la producción de sentido (Campagna, 2022). Las palomitas azules de WhatsApp no representan un objeto del mundo y, sin embargo, significan “leído”, pero sobre todo activan expectativas y reglas sociales.

Un símbolo condensa mucho en muy poco; es un atajo que ordena afectos y conductas sin necesidad de parecerse a lo que nombra.

3. Jamás la lógica del mundo nos ha dividido

La ciencia y el arte pueden entenderse como dos formas distintas de pensamiento y creación, que se encuentran profundamente conectadas. Ambas se enfrentan al caos del mundo, pero lo hacen con herramientas y objetivos diferentes. En su último texto a dúpla *¿qué es la filosofía?*, Gilles Deleuze y Félix Guattari (1993) distinguen los elementos de la filosofía y su relación con la ciencia y el arte. De acuerdo a este dúo de pensadores, la ciencia trabaja con funciones en un plano de referencia; pregunta cómo funcionan las cosas, descompone lo complejo en procesos, mide, modela y extrae regularidades. Frente al caos, secciona y ordena (sin dejar de sentirse atraída por el caos).

El diagrama científico avanza por bifurcaciones, construyendo árboles de decisión, líneas hipotéticas, repeticiones observables. La ciencia es inductiva, racional y objetiva, apareciendo con más fuerza cuando las técnicas fallan.

Frente al caos, el arte no lo recorta ni lo categoriza. Lo enmarca, lo convierte en caos sensible, en un fragmento desbordante que, al ser compuesto, puede ser compartido. No genera conceptos ni proposiciones, sino figuras estéticas.

Con estos ejemplos en mente, propongo mirar los diagramas como modos de organizar la experiencia: a veces para explicar (ciencia), para comunicar (diseño), a veces para hacer sentir y pensar (arte), y para inventar nuevas configuraciones.

4. Pensar y sentir desde el diagrama: una tipología desde la estética

Los diagramas se pueden clasificar a partir de los fenómenos que hacen visibles los modos en que articulan relaciones y el tipo de mundo que proponen. El diagrama opera como una superficie de inscripción de lo invisible: relaciones inadecuadas a la representación tradicional, temporalidades divergentes, estructuras latentes o afectos sin forma. En este, la estética aparece como una manera de disponer elementos, de hacer legibles patrones y de producir una experiencia perceptiva.

Por otra parte, cuando el diagrama entra en contacto con las prácticas artísticas contemporáneas, adquiere un papel aún más generativo: se vuelve plástico, maleable, potencial. No solo articula lo abstracto, sino que inventa configuraciones posibles.

El diagrama se vuelve una fuerza que opera como estructura y como evento. Es ahí que su potencia estética se despliega con mayor claridad. Se transita de la imaginación a la invención.

La siguiente tipología es una propuesta para señalar ciertos modos de operar que se repiten o se transforman al cruzar campos diversos.

Temporalidades. Cronogramas, líneas del tiempo, estados del tiempo climáticos, superposición de cauces de un río en un mapa, y árboles genealógicos, implican la observación de un fenómeno y sus consecuencias en periodos de tiempo, son estructuras que enlazan el pasado con el presente. Halpern (2015) argumenta que la visualización de datos es crucial en la concepción de escalas temporales.

Memoria. Comprendida como un proceso fisiológico y mecánico para preservar registros de operaciones pasadas para uso futuro, relacionadas con la predicción, la gestión de los retrasos temporales en la información, y la creación de experiencias visuales dinámicas y no lineales.

El colectivo Forensic Architecture (FA) usa un enfoque para construir narrativas de verdad y conocimiento en el contexto de la violencia estatal y corporativa:

“ciencia forense predictiva”, que cambia la dirección del análisis del pasado al futuro. Para la “Investigación México”, FA ocupa una gran cantidad de testimonios visuales (videos, fotos de teléfonos móviles) y aplica sus métodos para “modular y gestionar los retrasos temporales” entre la recolección, el análisis y la visualización de la información (FA, p. 36). Al representar gráficamente los testimonios de sobrevivientes, sospechosos y representantes estatales, así como las narrativas de las investigaciones posteriores del caso, se hacen evidentes las divergencias entre estos numerosos relatos de la noche.

Organización de datos. El diseñador Gyorgy Kepes plantea que educar la visión es algo más que entrenar el ojo, es expandir la conciencia. A lo largo de su obra, la “organización de datos” no se reduce a una función técnica; esta forma parte de una estética investigativa más amplia, que busca reconfigurar la percepción, la cognición y el sentido. De acuerdo con Halpern (2015), la educación de la visión se articula en torno a tres claves esenciales: patrón, problema y escala. Así, ver se convierte en una forma de pensar, y pensar implica componer, comparar, relacionar. El “paisaje” ya no es un fondo pasivo, sino una estructura activa de reconocimiento, moldeada por algoritmos, patrones y escalas variables.

Ornamentos proyectivos. A principios del siglo XX, Claude Bragdon busca comprender la estructura oculta del mundo a través de lo que llama ornamento proyectivo, cuya intención, más que decorativa, es un diagrama en sí mismo, una forma de hacer visibles y comprensibles los principios universales de orden, belleza y armonía que atraviesan tanto la naturaleza como el arte y la arquitectura. A través de su lente teosófica, sostiene que la belleza surge de la conformidad con un “patrón cósmico”, una estructura profunda regida por leyes naturales que no son visibles a simple vista, pero que actúan como manifestaciones de una “realidad desconocida inmanente” (Bragdon, 1910).

Aunque sus fundamentos difieren —Kepes se nutre de los avances científicos del siglo XX, mientras Bragdon dialoga con una tradición místico-esotérica—; ambos comparten una búsqueda común: encontrar orden en el aparente caos, construir sentido a través del patrón.

En palabras de Bragdon, el diseño auténtico consiste en descubrir “correlaciones entre cosas aparentemente no relacionadas”.

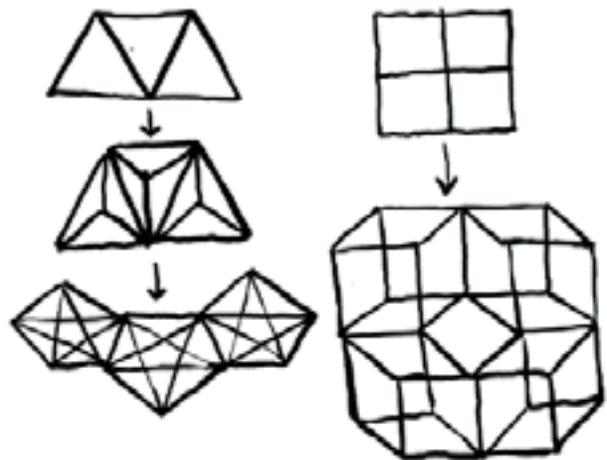


Figura 6. A partir de Claude Bragdon. Ornamento proyectivo. Elaboración propia.

Diagramas como estructuras del espacio. Brian Rotman analiza el punto de fuga renacentista, tanto como técnica pictórica como meta-signo: un operador semiótico que organiza imágenes sin representar algo visible. Inspirado en el experimento de Brunelleschi, lo equipara con el cero o el dinero imaginario: signos que producen orden desde la ausencia. Este “cero visual” permite generar infinitas imágenes coherentes, transformando la pintura y la percepción del mundo. La perspectiva se vuelve una geometría visible, ligada al capitalismo mercantil y a nuevas formas de subjetividad. Así, el punto de fuga es también un diagrama: no ilustra, sino estructura el ver.

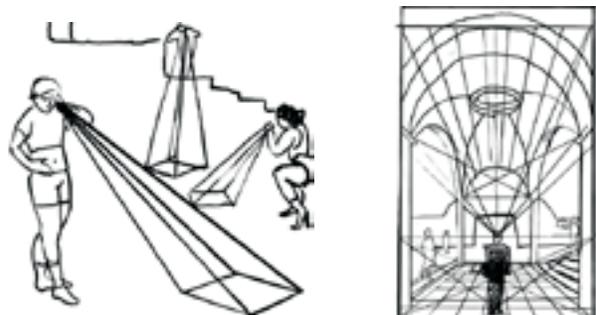


Figura 7 y Figura 8. Diagrama perspectiva. Elaboración propia.

Metasignos afectivos. El diagrama como estructura vacía que organiza lo ausente, no representa datos visibles, ni ordena información objetiva; este funciona como un signo de segundo orden, un metasigno que articula lo que no puede decirse directamente: vínculos rotos, silencios, duelos, memorias elusivas. El diagrama no ilustra, inscribe. Verónica Gerber Bicecci, por ejemplo, mezcla narrativa, autobiografía, y experimentación visual. La historia de una ruptura amorosa y la investigación genealógica quedan inscritos en estructuras visuales, mapas del afecto y organizaciones espaciales del pensamiento.

Alagmática. El diagrama opera como un dispositivo para relacionar dos modelos de mundo al adentrarse en el nivel de la función y la operación.

Modelos especulativos. El diagrama puede revelar dinámicas subyacentes y patrones que no son inmediatamente visibles para la percepción humana. Pensemos en los sistemas de inteligencia artificial aplicados a la producción de modelos, están diseñados para “ver patrones que los humanos no pueden”, lo cual tiene consecuencias éticas en la confianza que se le otorga a estos modelos. En la instalación artística *From “Apple” to “Anomaly”* (2019), Trevor Paglen revela cómo los sistemas de inteligencia artificial no solo procesan imágenes, sino también definen y jerarquizan a los sujetos a partir de conjuntos de datos profundamente sesgados. Mediante 35,000 fotografías, documenta los criterios usados por los algoritmos y desmonta la neutralidad aparente del aprendizaje automático, mostrando cómo estos modelos —a menudo opacos— reifican prejuicios raciales, culturales y de género. En este contexto, el diagrama es un dispositivo crítico: organiza visualmente las lógicas de clasificación que rigen lo que los algoritmos entienden por “normal” o “anómalo”.

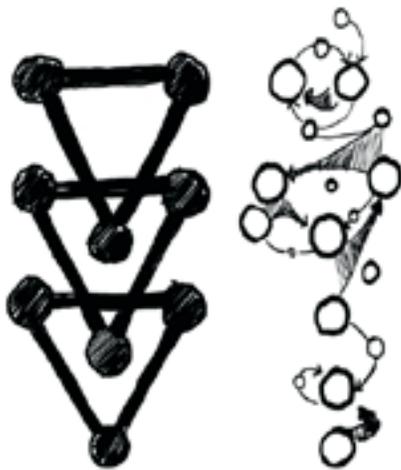


Figura 9 Izq. árbol de la vida acéfalo usado por Revolutionary Demonology.

Figura 10 Der. Numograma de la CCRU. Elaboración propia.

Diagramas degenerados. En años recientes, los colectivos de teoría-ficción CCRU y Demonología revolucionaria, han criticado el Árbol de la vida de la Cábala. Lo consideran obsoleto y dogmático. Frente a su estructura cerrada (propia del pensamiento mítico), proponen modelos como el Numograma, basado en nodos, que se relacionan de forma caótica.

Estas configuraciones no representan el mundo tal como es, sino que lo reprograman desde la ficción, aspirando a volverse reales. El diagrama deviene herramienta: no organiza un saber ya dado, sino que lo inventa, lo interviene y lo proyecta como futuro posible. Son mapas autorrealizables, operativos, en los que imaginar es ya transformar.

Superviviente del CCRU, el filósofo Reza Negarestani, en 2008, publica *Ciclonopedia*, una ficción en forma de apuntes atribuidos al arqueólogo Hamid Parsani, quien explora cómo lo abstracto (como conceptos filosóficos, teológicos y políticos) se manifiesta y participa en la configuración de la realidad concreta. Efigies arqueológicas, como Pazuzu, son considerados como diagrama “de los pobladores de Oriente Medio y sus peculiaridades”, cada una de sus extremidades es un nodo a través del cual circulan flujos de peste: planes de movilización; es así, un agente dentro de la ficción del autor, un mapa operativo y pronóstico de las dinámicas ocultas y telúricas que configuran los conflictos y las entidades en Medio Oriente. Este diagrama, al delinear “cantidades ficcionales que se hacen reales a sí mismas”, forma parte de un proceso de hiperstición.

El diagrama es solo una herramienta de visualización del pensamiento. Desde el pensamiento mítico hasta la especulación en el arte contemporáneo; organiza lo que no puede decirse con palabras, articula lo invisible y anticipa lo que aún no existe.

Primordialmente, el diagrama une arte y ciencia no en sus respuestas, sino en su común deseo de dar forma al caos. Pensar desde el diagrama implica que hay que trazar para entender, y para inventar.

Referencias

- Bragdon, C. (1910). *The beautiful necessity*. Manas Press.
- Campaigna, F. (2022). *Cultura Profética, para la imaginación que viene*. Enclave de libros.
- Deleuze, G. & Guattari, F. (199). *¿Qué es la filosofía?* Anagrama.
- Halpern, O. (2015). *Beautiful Data: a history of vision and reason since 1945*. Duke University Press.
- Rotman, B. (1987). *Signifying Nothing: The semiotics of zero*. MacMillan Press.
- Simondon, G. (2007). *El modo de existencia de los objetos técnicos*. Cáctus.
- Weigel, S. (2022). *Grammatology of Images. A History of the A-Visible*. Fordham University Press.
- Wyllie, Ch. (2010). The mural paintings of El Zapotal, Veracruz, Mexico. *Ancient Mesoamerica*, 21(02):209-227. DOI:10.1017/S0956536110000337
- Zdebik, J. (2012). *Deleuze and the Diagram, Aesthetic Threads in Visual Organization*. Continuum International.

El obsequio de Xochiquétzal

Perla Hernández García



Hace miles de años, deidades extraordinarias eligieron un espacio del vasto universo para crear lo que hoy en día conocemos como Vía Láctea. Dentro de esta, diseñaron un magnífico planeta al que conocemos como la Tierra, al cual le proporcionaron agua, ricos y fértiles suelos y una amplia cantidad de seres, desde plantas y árboles hasta animales.

A cargo de la diosa Xochiquétzal estuvo la creación de innumerables árboles, pastos y flores. Cuando Xochiquétzal empezó a idear toda la flora, se aseguró de darles vida y alma, pues solo así los árboles podrían crecer hasta alcanzar grandes alturas, casi hasta tocar las nubes. Toda la Tierra se cubrió de esplendorosos seres verdes. Pero la diosa sentía que aún faltaba algo; entonces creó muchísimas flores, algunas a petición de otros dioses. Al enterarse que surgirían humanos, buscó que naciera una nueva planta, una más similar a ella, para sentir que, de alguna manera, podía convivir con ellos. Así que, decidida, meditó por mucho tiempo, hasta que la idea surgió.

—¡Orquídeas! —exclamó alegremente— así se llamarán y serán de muchos colores. Tendrán una gran esencia de elegancia.

—Estoy seguro que serán hermosas plantas, pero no puedes seguir colocándolas en el suelo, creo que tendrás que buscar otros espacios, como lo has hecho con otras plantas —comentó Quetzalcóatl.

—Lo sé, ya tengo pensado poner algunas en rocas, en agua, en materia en descomposición y la mayoría estarán en la cima de árboles muy grandes, donde ellas puedan verme y donde yo pueda verlas. ¡Ya lo verás! —dijo muy alegre.

*

Xochiquétzal no sabía por dónde empezar, hasta que se cruzó con una hermosa paloma blanca. Al verla, puso manos a la obra. Comenzó creando unas raíces verdes, pero sintió que le faltaba algo, no quería que fuera igual a otras plantas. Entonces, al mirar las nubes, decidió añadirles algo similar: una cubierta blanca a la que llamó *velamen*; de esa forma, sus orquídeas serían capaces de generar más fotosíntesis. ¿Qué seguiría? Quizás un tronco muy delgado. No, no un tronco, no quería un árbol ni una palmera, debía ser una planta.

—¡Un tallo! —gritó felizmente.

—¿Un solo crecimiento, entonces? —preguntó Ometéotl.

—Ahora que lo mencionas, ¿por qué no dos?, una de un solo punto de crecimiento, es decir, monopodial y otra de más puntos que será simpodial. También tendrá muchas hojas venadas paralelamente. ¡Oh!, y tendrán frutos, donde estarán las semillas. Serán muy pequeñitas.

—¿Entonces supongo que necesitará mucha agua, no crees? —cuestionó dudosamente.

—¿Qué? ¿enloqueciste?—dijo molesta—. Claro que no, con mucha agua moriría, por eso tiene unos pseudobulbos donde almacena sus nutrientes. Pero mejor déjame sola, porque a ti solo se te ocurren barbaridades. ¡Ay no, ¿qué es eso de ponerle tanta agua a mis orquídeas?!

Una vez que dejó de lado aquel incidente, continuó con la creación de su orquídea, le faltaba ya solo la flor. Se preguntaba cómo debía ser, qué textura debía tener, cuáles serían los colores más adecuados.

Entonces recordó a la paloma blanca de elegante vuelo, así que hizo brotar dos pétalos anchos: uno con dirección al este y otro al oeste, con textura suave como una pluma, delicada y un poco aterciopelada.

Después de un vistazo, creyó que hacían falta más, por lo cual añadió otros tres iguales entre sí, largos y un poco más delgados que se convertirían en la parte externa de la flor y formarían una especie de triángulo, a los que llamó sépalos.

—Aún se ve incompleto, ¿qué más le faltará?

—Si me permites opinar, con respecto a las demás flores, creo que se te olvida pensar en su polinización—dijo Quetzalcóatl.

—Es cierto, hasta ahora solo lleva tres pétalos y dos sépalos. Pero podría darle un toque diferente a lo que falta. Tendrá una columna, donde estarán sus órganos reproductivos y serán llamativos para que los polinizadores lleguen.

—¿Y quiénes las polinizarán?

—Las abejas, pero también habrá avispas, mariposas, colibríes es, incluso moscas.

—¿Moscas?—preguntó extrañado.

—¡Sí, sí! Ya lo tengo todo planeado. Así como muchas flores tendrán aromas muy dulces, también tendremos olores desagradables y eso atraerá a ese tipo de polinizadores.

Después de escuchar eso, Quetzalcóatl prefirió irse. Xochiquétzal no le dio importancia y siguió esforzándose por crear su plantita. El último detalle que le faltaba era el color que llevaría su primera orquídea. Quería algo que expresara pureza, pues representaría el inicio de su nueva colección. Por ello, tomó de la superficie de la luna un poco de su tinte blanco. Al verla terminada, con mucho cariño y cuidado, la colocó entre sus manos y, contemplándola, dijo:

—*Cuitlauzina*, ese es tu nombre.

Al terminar con la primera, comenzó a hacer más hasta que Xochipilli se acercó.

—¿Esos son los únicos detalles que les pondrás?—cuestionó Xochipilli, diosa de las artes.

—¿Tú qué agregarías?—preguntó muy curiosa.

—Bueno, quizás manchitas, rayitos, un toque difuminado. Yo mezclaría colores, no lo dejaría de un solo color. Mira el universo, está lleno de colores. Entonces puedes poner una capa de blanco y después ¡Pam!, la salpicas de morado y otro color.

—¡Qué maravillosa idea!—respondió encantada Xochiquétzal.

Siguiendo aquellos consejos, Xochiquétzal se puso manos a la obra; se obsesionó creando muchas orquídeas de diferentes colores y aromas. Cuando eso no le bastó, continuó poniéndoles diferentes rasgos, inventando diversas variedades. Tanto fue su empeño que no se dio cuenta en qué momento se ocultó el sol, ni cuándo volvió a salir.

Los dioses preocupados fueron a ver a la diosa, quien había creado miles de orquídeas, que los dejaron asombrados y maravillados.

—Xochiquétzal, ¿no crees que deberías de parar?—dijo Quetzalcóatl, preocupado.

—Es cierto, supongo que ya hice muchas.

—Aunque todas son muy hermosas, ninguna es como esta que tiene una flor más vistosa que las demás.

—Es una *Cattleya*; así como su flor es grande, su durabilidad también lo es. Mira también sus hojas, son muy largas como si fueran cintas. Pero le gustan más los climas cálidos, entonces pienso dejarla en el sur de América —respondió con gran entusiasmo Xochiquétzal.

—¿Y ese maravilloso ejemplar de flor morada?

—Hay muchas flores moradas, pero creo que la que tú dices es una *Vanda*. ¿Ya viste sus raíces? Son muy largas, y exigen libertad. ¡Oh!, y esta igual tiene una larga duración.

—¡Oh!, ¿y esta pequeña estrellita de fuego?

—Es una *Epidendrum radicans*. Pero deja de ver solo las flores; mira los detalles de toda la planta.

—Está bien, pensaré en la planta y no únicamente en la flor.

—Gracias. Después de todo, las flores solo se lucirán de manera efímera, mientras que la planta permanecerá de manera indefinida.

—En un futuro, cuando los humanos surjan, estoy seguro que las adorarán.

—Claro que sí, después de todo son muy bonitas, elegantes y, aquí entre nos, no son tan delicadas como las rosas —sonrió—. Aunque no te mentiré, las plagas y bacterias las mantendrán amenazadas; sin embargo, siempre habrá métodos para lidiar con ellas, excepto si llega un virus; si esto ocurriera, no habrá salvación. Al menos servirán de mucha ayuda para los humanos.

—¿Ayuda? ¿En qué?

—Bueno, hay orquídeas como la vainilla que tienen un olor muy dulce y servirán para la perfumería y la comida. Aunque también serán muy útiles en la medicina.

Quetzalcóatl ayudó a Xochiquétzal a bajar las orquídeas a la Tierra, mientras ella fue muy clara; advirtió que las orquídeas debían estar en un lugar que les proporcionara cuatro condiciones fundamentales: buena ventilación, suficiente cantidad de luz, suficiente agua y temperatura adecuada. Específicamente había creado varias orquídeas que vivirían en climas cálidos; otras, en fríos y otras más en templados.

Una vez terminaron, desde lo alto de los cielos, se dedicaron a contemplar la Tierra, esperando que los humanos cuidaran con mucho amor lo que ella les había obsequiado: un ser que no los abandonaría y que siempre los ayudaría.





El festival bajo las parras del Limari

Eduardo Antonio Jaime Muñoz

Las parras son plantas comunes en los huertos de los pueblos rurales del Limari, un hermoso valle de la región de Coquimbo, Chile. Los campesinos siembran estos vegetales, haciendo los barbechos en la tierra y, una vez se plantan los esquejes, la vid comienza a crecer, desplegando sus ramas y follaje por distintas partes del espacio natural.

Para ayudar a crecer a las parras, los campesinos colocan un acompañante junto a la planta, una especie de poste que sirve para formar y mantener su estructura, característica del esplendoroso paisaje de viñas y parrones, que se extiende a lo largo y a lo ancho de los valles transversales del Limari.

La llegada del otoño anuncia el asomo de los brotes de sus hojas, esperando los helados inviernos; una vez pasada esta estación tempestuosa y helada, se acerca la primavera; en ese momento, las parras empiezan a vestirse, cubriéndose de hojas tiernas por todos lados y formando los primeros y jugosos racimos que crecerán durante el caluroso verano.

La cosecha de la uva, de la mano de los temporeros y de los agricultores locales, trae consigo las vendimias durante los meses de marzo y abril.

La cosecha es celebrada por todos los agricultores de la zona; además del fruto, derivado de las uvas, se obtienen productos como vinos, pasas, piscos y arropes.

¡Degustar estos productos es fabuloso!

El Limari es conocido por las cepas de uvas más ricas del mundo y porque sus viñedos son parte de la herencia cultural de las tierras que dan vida al paisaje semiárido del Norte Chico, siendo el espacio más apropiado para cultivar las parras.

Entre las cepas o variedades de uva que se plantan en la zona del Limari, se encuentran una especie de color negro y de gran tamaño llamada Alfonso, de la que se obtienen vinos dulces y arropes; le sigue la Pedro Jiménez, que es cultivada para la elaboración de vinos; la Italia, que tiene un sabor muy particular, y la Rosada Pastilla, uva muy dulce y aromática. Además, se cultiva una especie muy azucarada llamada Moscatel de Austria, cuyo racimo es muy apretado y crujiente, el festín favorito de los zorzales y tordos, quienes cada año, ansiosamente, esperan su maduración. Las pasas de las Moscatel son dulces y grandes. Consumirlas es como saborear un caramelo.

Una vez madura la uva, numerosas aves silvestres, como las tencas, llegan a la vid para alimentarse de sus frutos; estas se agrupan y, desde lo alto de los árboles, observan y calculan cómo alcanzar el grano de uva que cuelga de las ramas de las parras.

Las tencas son muy juguetonas: se persiguen entre ellas, realizan vuelos cortos y largos; cuando llegan al suelo, corren en busca de una piedra grande para posarse sobre ella y mirar para todos los lados, observando si hay algún depredador a su alrededor o si un intruso quiere llegar a sus nidos.

Al encontrar una poza con agua, dichas aves mojan sus alas y sumergen su cuerpo para bañarse; una vez empapadas, vuelan hacia las ramas de las parras para secarse y, con su pico ordenan sus plumas, al mismo tiempo que realizan todo un ritual de higiene corporal. Las tencas hembras son muy femeninas, cuidan mucho su figura, por lo que siempre sus plumas están lisas y bien armadas para lucirse en los festivales.

Cuando entre ellas se enojan, emiten fuertes sonidos, como si fueran personas que están molestas. También sus sonidos son muy intensos al divisar a un gato cruzando por las parras. Volar sobre las copas de los árboles y el sonido que emiten es su forma de alertar a las demás tencas y pájaros de que el peligro está cerca.

Las tencas brincan de rama en rama, detectando las uvas que están maduras con la ayuda de sus patas, se posan sobre las cercas y sus vuelos danzantes llaman la atención de los campesinos; algunos se quedan mirando cómo estas aves llaman a las demás para buscar el ansiado alimento que le ofrecen las parras.

En los meses de noviembre y diciembre, las tencas empiezan a construir sus nidos, buscan ramas secas de espinos para colocar en el borde y restos de lana de ovejas para el fondo. Una vez acaban su obra arquitectónica, depositan en el nido dos o tres huevos azules, calipos y pecosos, semejantes a hermosas gemas de lapislázuli. Ahora solo falta esperar veinte días para la llegada de sus polluelos, quienes al nacer mantendrán a las tencas atentas y vigilantes sobre parras y naranjos.

¡Las tencas quieren mucho a las parras!

Es tal el gusto de las tencas por las parras que las cuidan, protegiéndolas de los animales que intentan destruir su follaje y de las plantas invasoras que las amenazan, al robarles la luz del sol. Las aves saben que las parras en tiempos de primavera, verano y otoño darán los racimos de uvas dulces y azucaradas para poder alimentarse, sobrevivir y nutrir a sus crías.

El gran festival

Durante una época, el Limari fue afectado por una inmensa sequía. No caía ninguna gota de agua para regar las parras; ante la falta del líquido vital, muchos viñedos perecieron, ya no se veían los verdosos paisajes donde las parras adornaban las pra-

deras naturales; todo se transformó en un paisaje desértico y las aves entristecidas se vieron obligadas a desplazarse a otras regiones.

Las tencas, afligidas y preocupadas ante los fatales acontecimientos, veían cómo se secaban los cultivos.

Al darse cuenta que la comida escaseaba, decidieron pedir a la Madre Tierra por la llegada de lluvia, organizando un gran festival para el que se convocó a las tencas de toda la región.

Para seleccionar a las que interpretarían las mejores melodías, invitaron como jurado a la tenca más sabia de la gran familia de estas aves y le pidieron que fuera la supervisora de todos los detalles del festival. La tenca sabia, a diferencia de las demás, era completamente blanca y, sobre su cabeza, portaba una gran corona, como símbolo de poder y de su posición frente las demás aves de su misma especie.

Entre todas las de su especie, la sabia era la más respetada y admirada, ya que se comunicaba con los dioses, por lo que era la elegida para encabezar los encuentros entre los dioses y los animales de la tierra. Solo ella anunciaba catástrofes naturales como sequía, hambruna, temporales y terremotos; tenía tanto poder que, a modo de reverencia, las tencas bajaban su cabeza mientras la suprema pasaba frente a ellas. Su llegada era anunciada por diez aves mensajeras, cuya principal misión consistía en acompañarla y asistirle mientras durara el festival.

Al acercarse la fecha del gran evento, comenzó la selección de las mejores cantoras, aquellas cuya melodía fuera capaz de emitir bellos y diversos sonidos; fue entonces cuando concurren muchas tencas al punto de encuentro: una de las pocas parras que aún se mantenía con vida en el seco Limari.

Todas las concursantes prepararon su mejor melodía para encantar a la jueza, además, debían lucir su hermoso plumaje y su figura, lo que las mantuvo muy ocupadas.

La selección de las tencas cantoras

Lo que más exigía la sabia jueza era que el canto fuera claro, fuerte y ordenado, y que se pudiera escuchar desde lejos; para ello, se alejaban de la parra hasta situarse en la distancia donde pudiera comprobar que el sonido llegara a los oídos de los dioses, quienes también participaban en el veredicto final.

Así, fueron pasando todas las tencas, cada una mostrando su mejor melodía; primero pasaron cuatro, luego ocho, después doce, enseguida veinte, ... hasta que sumaron un centenar; ninguna de ellas logró su propósito. Todas se entristecieron.

Inmediatamente, al observar la llegada de una inesperada concursante que venía desde las montañas más altas del Limari, se pusieron muy nerviosas y expectantes.

La recién llegada se había enterado del festival por medio de unas tencas que acudieron a sus dominios en busca de las últimas uvas que colgaban de una parra arraigada al lado de un canal, situado en los nacimientos del estero del Tulahuencito, al sur de la comuna de Monte Patria. La nueva concursante traía una herida en su alita izquierda, debido a que estuvo atrapada entremedio de las ramas de los espinos secos, muertos por la intensa escasez de agua.

La forastera solo podía hacer vuelos cortos o muy lentos; era gris, cenicienta y con cuello tornasolado. El ave llamaba la atención de todas las demás, quienes la ayudaron a subir a la parra para, desde allí, entonar su melodía. Sobre la cima de la planta empezó a cantar; tomó fuerza y, abriendo su pico, desde lo más profundo de su ser brotaron todos los sonidos, sus cuerdas vocales emitieron el más hermoso de todos los cantos de una tenca que se hubiera escuchado hasta el momento.

¡El espléndido y adorable canto!

Moviendo la colita y extendiendo sus alas, la gran cantora abría su pico y, de él, salían diversos y grandiosos sonidos. La emoción y la nostalgia cundió el paraje, en tanto que las tencas del lugar, en un baño de emoción, agradecieron su presencia. Todo el público, compuesto por tencas, zorzales, diucas, tordos, codornices, chercanes, chingolitos, aplaudieron con mucha fuerza la participación del ave en este evento.

Al finalizar el festival, llegó el momento de la premiación, mientras las demás participantes también recibieron un reconocimiento.

Ahora la ganadora tenía la gran misión, quizá la mayor de su vida: acompañar a la jueza al monte más alto para que los dioses la conocieran.

¡El momento culminante!

Mientras los espectadores aplaudían sin parar, como era lógico, de manos de la tenca sabia la ganadora recibió el premio: la antorcha de oro que la llevaría junto a los dioses, donde sería bendecida.

Al terminar la premiación, desde el cielo asomaron dos caballos, tirando de un carruaje para llevar la tenca ganadora a los brazos de los dioses. Con su alita herida,

acompañada de la jueza y sabia, y ante el asombro de todos los asistentes del evento, como la espuma de una burbuja que se va difuminando en el agua, la mejor cantora se elevó hacia el monte más alto del Limari.

Al llegar al lugar de su destino, los dioses abrieron el cielo y acogieron a la elegida, quien entre sus alitas portaba la antorcha de oro para ser bendecida.

Al depositar la antorcha en el centro del monte, rayos de luces brillantes, de todos los colores, se posaron sobre el trofeo. En ese instante, los dioses le indicaron que se situara junto a la antorcha y bendijeron a ambas.

Fue justo en ese momento cuando la energía emitida por los dioses desde el cielo, se extendió sobre el Limari. El cielo se empezó a nublar y las nubes comenzaron a llegar, mientras los pájaros eufóricos mostraban gran alegría. Sin duda, la Madre Tierra les estaba anunciando la llegada de la lluvia.

Las tencas empezaron a dibujar círculos en el cielo, marcados por sus vuelos, anunciando la llegada de las primeras precipitaciones; el ambiente se invadió de alegría, risas y llantos de emoción, mientras las parras, muy agradecidas, empezaron a sacar sus primeros brotes, los cuales pronto se transformarán en hojas, zarcillos y penderán jugosas y hermosas frutas.

¡Solo la resistencia, el esfuerzo y la gratitud de las tencas fueron capaces de devolver la vida al Limari!





DE LA ROSA:

DISPUESTO SIEMPRE A ENSEÑARLE A TODO AQUEL QUE QUIERA

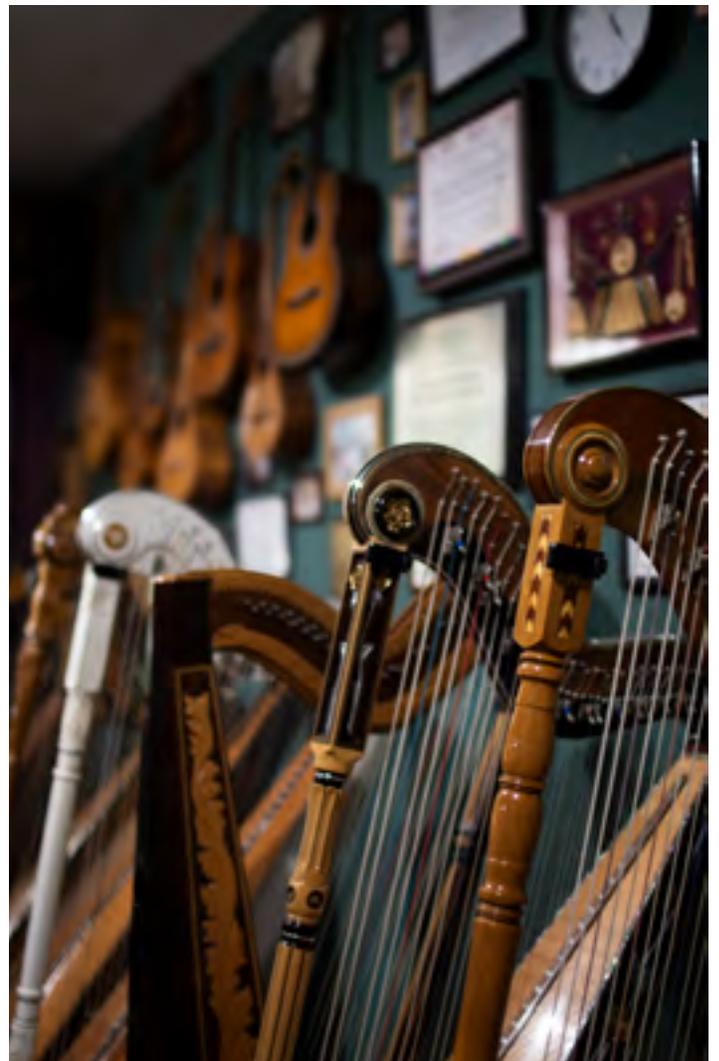
Pregones de Ciencia, en un ejercicio por incluir diferentes disciplinas, pero también a las personas que hacen, ejecutan, practican, investigan, difunden, fue a tocar la puerta de una de las figuras icónicas de la música en Veracruz, el maestro Alberto de la Rosa, director de Tlen Huicani. El reconocido arpista, desde su estudio, nos compartió recuerdos y reflexiones; además, nos dejó ver fotografías, instrumentos y una colección de suvenires de sus múltiples viajes para difundir esta manifestación del arte: la música tradicional.

Editora: Maestro, la primera pregunta, pensando en divulgación, es ¿cómo le hace una figura como usted, en un grupo como Tlen Huicani, para mantenerse vigentes? Después de tantos años de trayectoria, reconocimientos y presentaciones, usted sigue refrescando su estilo, su aporte al público actual.

Mtro. Alberto de la Rosa: Bueno, creo que analizando la situación, nos dirigimos principalmente a los jóvenes, sin olvidar a los niños. La universidad nos permite eso. La universidad tiene dentro de sus programas de estudio, enseñarles arte a los jóvenes, a los estudiantes.

El arte puede ser arte y deporte, puede ser toda la gama [de disciplinas]. Nosotros adoptamos la música, y particularmente el son jarocho. Es lo que nos representa, nuestra raíz, nuestra fortaleza cultural.

Si hemos tenido la oportunidad de andar por muchas partes del mundo, es justamente porque tenemos un tesoro muy grande, muy fuerte, que a veces nosotros mismos no valoramos, como lo tenemos tan a la mano.





Pero cuando vemos el recibimiento de otros públicos, de otros jóvenes, creo que el son jarocho es válido [de apreciar]. Y lo que siempre digo, la juventud obviamente busca lo que está de moda, el reggaetón y eso. Yo no, si eso les gusta, sigan. Pero vamos a aprender esto, vamos a conocerlo antes que aprenderlo.

Si alguien después de conocerlo quiere aprender, aquí estamos. Eso no quiere decir que deben dejar el reggaetón. Si te gusta el béisbol, no quiere decir que no puedas practicar básquetbol o fútbol. Podemos practicar todo y lo mismo pasa con el arte, en particular con la música. Y desde luego, nuestra actividad de tantos años nos ha permitido ampliar nuestros horizontes, nuestras fronteras geográficas.

Hemos estado en muchas partes, pero no solo eso, hemos traído y aprendido, y mucha gente de otras partes viene porque en estos tiempos la música jarocho no solo se toca en Veracruz: se toca en los Estados Unidos, en Francia, en Alemania, en Japón. Las japonesas, que son muy estudiosas, han aprendido el arpa y viajan con el son jarocho, mostrando de dónde viene, por qué, pues son embajadoras también. Todo eso amplía nuestro círculo de acción, por eso es que seguimos vigentes.

Editora: ¿Eso acerca a públicos nuevos, de diferentes regiones o países?

Mtro. Alberto de la Rosa: Así es, los estudiantes que van un semestre, una clase a la semana, que pueden aprender, mucho y poco, pero aprenden de menos el universo de lo que es la música. Hay quien aprende tantito a tocar y, después de que termine el curso, busca la manera de seguir. Eso ha dado lugar a que ahorita tengamos un sinnúmero de artistas jóvenes en Xalapa, particularmente, con un nivel muy alto.

Muchos artistas ya están en la Facultad de Música. Antes esto solo quedaba de padre a hijo y bueno, solo se tocaba en el restaurante, en la cantina, o en alguna fiesta, hoy no. Hoy se toca con, podemos decir, una exportación de artistas de acá, de nuestra tierra, por todos los lugares turísticos de México. Por ejemplo, el mariachi que hace muchos años nació con arpa, desde luego con arpa jalisciense, con el tiempo la perdió, y el mariachi no tenía. Hoy es difícil encontrar un mariachi que no tenga arpa, pero esa arpa es veracruzana, es jarocho.

Normalmente el arpista es veracruzano. El arpista del mariachi Vargas, que es el más famoso, es veracruzano, de Xalapa, y estuvo también en la escuela de música de alto nivel.

Entonces todo esto nos hace, primeramente nos fortalece y hace que no se pierda nuestro trabajo, al contrario, que se incremente. En este tercer festival que tenemos se presentan los viejos [músicos], les llamamos la vieja guardia del son Jarocho, pero mayormente [se presentan] jóvenes.

Otra cosa también muy importante, la inclusión femenina, porque como todas las actividades así antes estaban relegadas las mujeres y eso no, ahora hay mucha, mucha mujer con una alta calidad de interpretación aquí en el festival la tenemos, aprovechamos para hacer la invitación.



Editora: Oiga maestro, cuando uno busca datos sobre usted, se dice que Tlen Huicani y el maestro Alberto de la Rosa “hacen investigación musical”. Entonces, como estamos en una revista de ciencia y arte, ¿qué significa “investigar música” o “investigación musical”?

Mtro. Alberto de la Rosa: Investigamos el hecho de la música veracruzana, dónde nace, cómo nace, dónde se produce, cuál es su campo de acción y cuál es el campo por el que se ha extendido. Eso desde mi caso, desde que empecé a estudiar el arpa, preguntaba y, sobre todo, tuve la oportunidad de conocer a grandes músicos veracruzanos que ahorita ya lamentablemente no están, pero siempre les preguntaba: ¿y esto por qué y cómo, dónde? Además viví en la tierra donde había esa música, donde se tocaba, estuve presente en lo más que pude de festejos, festividades, fiestas...

Cuando empecé a tocar el arpa, el arpista jarocho, no tenía la posibilidad de tocar en el Teatro del Estado, en ningún teatro, solo que fuera a acompañar a un grupo de baile o a un mitin político. De ahí, bueno, tocar en el restaurante era lo mejor. Eso ya ha cambiado. Todavía existe, pero ha cambiado mayormente. Ahora encontramos los grandes festivales de arpa aquí en Veracruz, en el Puerto. En Coatepec hay un festival muy famoso al que vienen de muchas partes del mundo. El festival de Cerrillos, municipio de Alto Lucero, recibe a un gran número [de personas], sus jóvenes han aprendido el arpa y se han ido a tocar por todas partes.

Ahora viene mucha gente aquí, a la casa de ustedes, de muchas partes del mundo a estudiar conmigo. Como yo he estado

en Paraguay, en Colombia, en Venezuela, aprendiendo la música de arpa que se genera en esos lugares.

Editora: Maestro, ¿por qué eligió el arpa?

Mtro. Alberto de la Rosa: Bueno, el arpa siempre estuvo en mi casa, aunque no físicamente. Siempre estaban mis papás en la casa, había pláticas y música de arpa, los discos, aquellos discos del 78, siempre estaban a la hora de comer; cuando había alguna fiesta, ahí estaban. Mi mamá fue amiga de Andrés Huesca.

Huesca era la figura máxima que existía del son jarocho, arpista, el primero que grabó discos, el primero que apareció en el cine, que participó en más de cincuenta películas. Lamentablemente murió muy joven, no llegó a los cuarenta años, pero dejó un legado muy fuerte. Hoy casi no se habla de él, pero su presencia está en todos los que tocan. Entonces, siempre en las pláticas, ahí estaba [el arpa], yo me grabé desde pequeño y dije “voy a aprender a tocar”. Fue difícil, en aquellos tiempos nadie enseñaba, el que aprendía era con el papá, el tío o el hermano, porque era una tradición que era su medio de trabajo, no querían enseñar a alguien ajeno porque era crear un competidor, pero a pesar de todo yo aprendí.

Por esa misma dificultad que tuve, he estado dispuesto siempre a enseñarle a todo aquel que quiera, es más, sin cobrar un solo centavo, que para mí la mayor satisfacción es que aprendan.

Editora: Maestro, ¿usted cómo se lleva con la tecnología?, ¿Qué opina?

Mtro. Alberto de la Rosa: Bueno, así es todo. Cuando apareció el ferrocarril, nos preguntamos “¿Qué pasa con los caballos y las carretas? No vamos en ese armatoste de fierro que echa humo”. Yo creo que es positivo. El aparato y el *software* pueden componer todo muy bien, pero les falta alma, el alma humana. La tecnología, aunque sea inteligencia artificial, es mecánica, no tiene espíritu. Entonces, no nos va a robar y sí nos va a ayudar, pero eso no va a hacer que desaparezcan los grandes músicos, los grandes compositores.

Si el músico se mete a la I.A., la usa como una herramienta más, no como un sustituto. Antes no se tocaba con el micrófono ni se llevaba el arpa en un coche o en una camioneta; se amarraba al costado del burro y vámonos a la fiesta. Ahora con todas las posibilidades, se viaja en avión, se lleva el arpa, pero sigue pegada a un ente humano, a un espíritu, a un alma, que lo más valioso que produce es eso: la música.

Editora: Finalmente, ¿hay algún público, o lugar, al que les gustaría llegar? Es decir, ¿hay alguien en alguna situación de vulnerabilidad, de discapacidad, a quienes les gustaría mostrar su música?

Mtro. Alberto de la Rosa: No, lo hemos hecho todo: hemos tocado en hospitales, y al pie de la cama de un enfermo porque la música también es medicina.

Cuando tocamos para niños, vemos cómo sienten la música, es la misma situación con los de tercera edad, aunque ellos tienen otra emoción porque la música les recuerda miles de vivencias. Pero para uno como músico, como intérprete, al menos en mi caso, es la misma satisfacción. Hemos tocado para difuntos, al pie del féretro, y en ceremonias religiosas. Que eso, más que un mensaje para el difunto, de alguna manera, el deudo es el que siente y va dirigido a él.

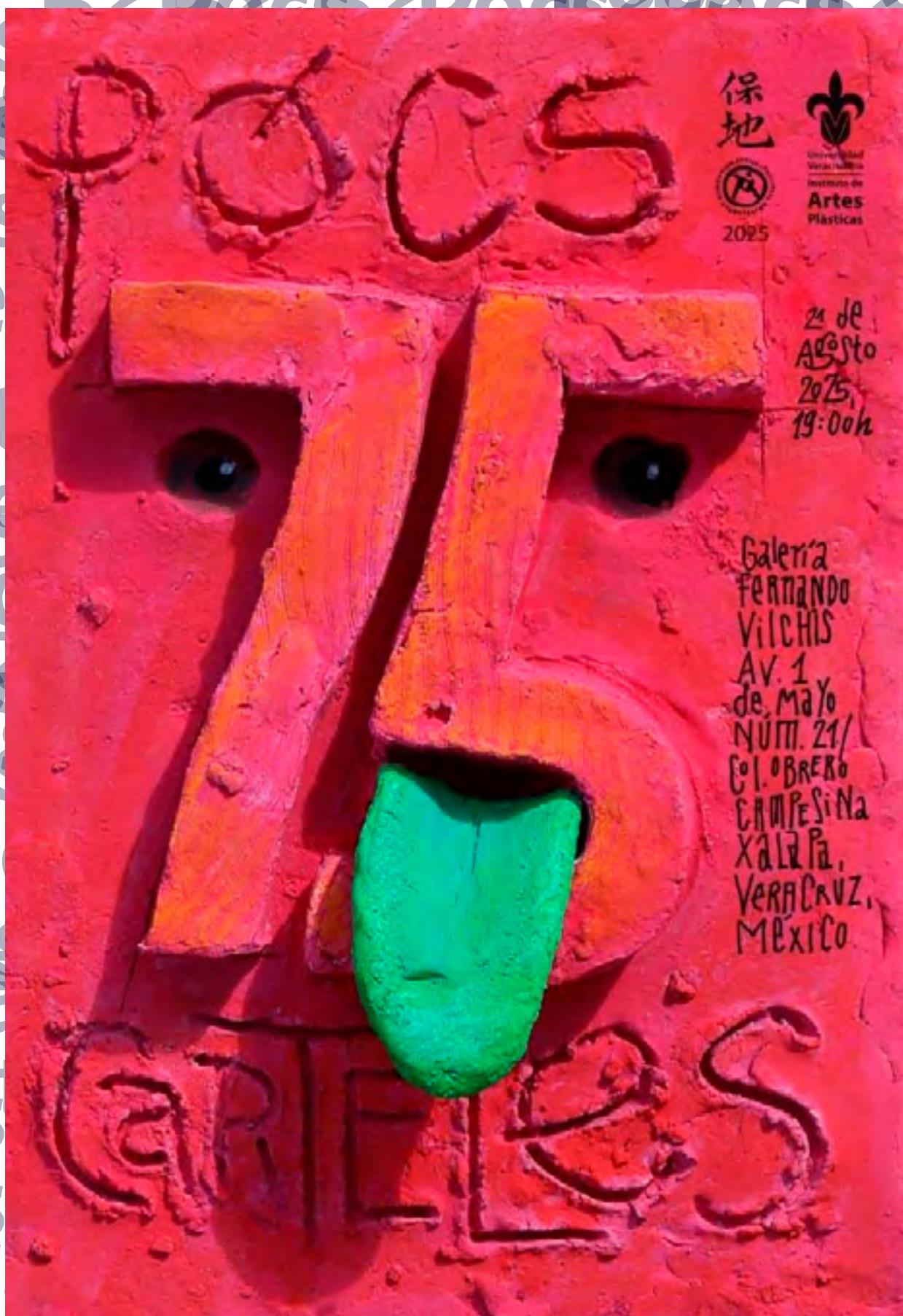
Vemos que el son jarocho da identidad, nosotros lo hemos palpado, particularmente en los Estados Unidos, en la zona de Los Ángeles, California. Hay familias enteras dedicadas al son solo por gusto; tienen su trabajo, sus carreras allá, pero el domingo se juntan para tocar.

Editora: Le agradezco, le agradecemos de parte de la Dirección General de Investigaciones.

Mtro. Alberto de la Rosa: Yo también les agradezco a ustedes, porque yo digo que lo mío es una lucha. Ya somos todo un equipo. Algunos no nos conocemos, pero somos del mismo equipo en esta lucha. Y ustedes que se preocupan forman parte de esa lucha, gracias. Los felicito por visibilizar.







Péter Pócs con nosotros... otra vez

José Manuel Morelos Villegas

POR INVITACIÓN del Instituto de Artes Plásticas de la Universidad Veracruzana (UV), el diseñador húngaro Péter Pócs está de nuevo con nosotros. Ya lo había estado, en 2003, cuando en el contexto de los cincuenta años del teatro universitario impartió en la Facultad de Artes Plásticas UV un curso sobre el diseño de carteles con enfoque interdisciplinar. Estuvo en México un poco antes: a principios de diciembre de 2001, organizado por Trama Visual en colaboración con la Embajada de Hungría en México, con el tema “Los derechos de la naturaleza” realizó un taller en la Casa del Poeta Ramón López Velarde, ubicada en Álvaro Obregón 73, en la Colonia Roma de la Ciudad de México. La relación con nuestro país incluye la participación de sus carteles *A la muerte con una sonrisa*, *Migrante (In Memoriam Vicente Rojo)* y *México 68/18*, este último para la colección conmemorativa de los cincuenta años del movimiento estudiantil, convocada por nuestro instituto.

Pócs nació en 1950 y realizó estudios de artes gráficas en la Escuela de Bellas Artes de Pécs, graduándose en 1971 como diseñador de orfebrería, obteniendo posteriormente la licenciatura en Diseño de Producto en la Universidad del Oeste de Hungría, en 2010. Desde 1972 se ha dedicado al diseño de carteles culturales, incorporando hacia finales de los ochenta mensajes políticos y sociales en sus trabajos. Su libro *Posters by Pocs: Plakatok Special Collection* (1990) recopila varios de sus carteles más emblemáticos en ese sentido.

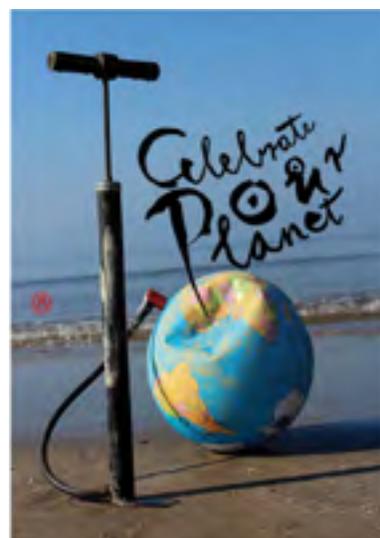
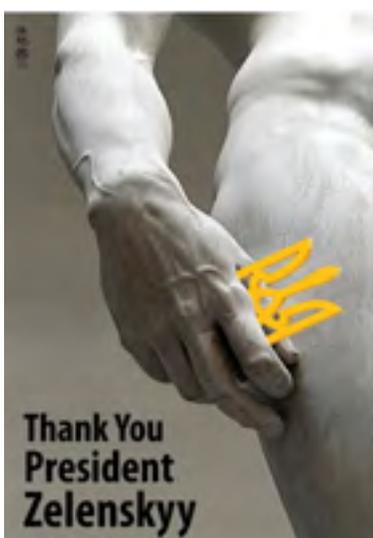


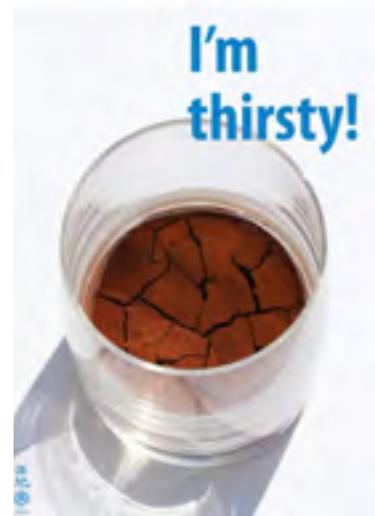


En 1987 fundó el grupo DOPP y en 2008 la Hungarian Poster-Ioneliness Association, mediante la cual continúa explorando la independencia creativa dentro del ámbito del cartel artístico. Su presencia e influencia abarca una veintena de países. Ha recibido numerosas distinciones, como el *Best Posters of the Year*, y ha sido jurado en bienales y trienales internacionales de cartel en México, Sofía, Lahti y Seúl, entre otros lugares, además de dictar conferencias y coordinar talleres en Stuttgart, Ciudad de México, Osaka, Helsinki, Sofía, Burgas y Rzeszów, por ejemplo. En 2024 la Academia Húngara de Ciencias lo incluyó entre sus miembros. Su posición ha sido históricamente crítica al sistema, cualquiera que este sea, de su propia geografía u otras, cuando no garantiza y promueve derechos: humanos, de la mujer, el agua, la tierra y el medio ambiente en general, entre otros.



Ahora, para nuestro Instituto, tanto para la casa de estudios de la que formamos parte, es un privilegio, una distinción que nos honra, presentar la muestra *Pócs 75*, con 32 obras realizadas en los últimos quince años, de este reconocido diseñador húngaro que alguna vez dijo: “Los carteles empiezan donde las palabras terminan” (“Posters begin where words end”). Nos sumamos con esta a sus más de cincuenta exposiciones individuales realizadas en Hungría, Países Bajos, Alemania, Finlandia, Suiza, Canadá, Eslovaquia, Italia, Japón, México, Ucrania, Dinamarca y Polonia, entre otros países.





El autor cumple en septiembre 75 años de edad, los cuales celebramos con él, presencialmente, en agosto. Festejar el aniversario con una exposición propia es, por decirlo de algún modo, un doble gusto; más si todo ello ocurre en una geografía que lo aprecia como autor, maestro y amigo. Además, como una especie de padrino de generación, dirigió un seminario inaugural a los estudiantes de la Maestría en Diseño de Cartel, de reciente creación en nuestra entidad académica, por cierto, la única de su género en América y tal vez en otras latitudes.

La Academia Nacional de Arte de Sofía, Bulgaria, dijo de este creador que “Es un dramaturgo visual que dota de narrativa y dramatismo a su obra, siendo honesto y profundamente crítico con la situación social y política de Hungría y Europa del Este”. Se podría decir más: el carácter técnico, conceptual e ideológico de su trabajo es notable por aquello que llamaríamos probidad intelectual, por la consistencia o armonía entre el qué, el para qué, el para quién y el cómo, desde un quien que posee principios y no renuncia a ellos.



De su trabajo y del cartel cultural en general Péter Pócs ha dicho:

El objetivo de los carteles culturales, a diferencia de los comerciales y de gran formato que se relacionan con el poder y el dinero, no es vender productos. Su objetivo más importante además del estético es hacer pensar a la gente y hacerla pensar más. El diseñador de carteles cuestiona al receptor, y éste tiene que completar el mensaje...



Con sus modelos hechos en pasta, esculpidos, coloreados y luego fotografiados, Pócs se distingue técnicamente de otros diseñadores, pero también lo hace a partir de una estética, una iconografía peculiar, y de sus posturas críticas: no importa si el tema es una obra de teatro, un festival o una exposición, este autor hallará siempre, entre entidades zoomórficas, animales, plantas, libros, ojos y metrónomos, ojo dentro del ojo, metrónomo con labios, lápices y carros, diablos y víctimas y cualquier género de yuxtaposiciones, la forma de introducir sus posturas, la mayor parte de las veces de tipo social o político. De ese modo, sus carteles son, además de piezas de comunicación visual, símbolos y narrativas que responden a valores e inquietudes personales, muchas de ellas asociadas al estado general de las cosas en un determinado momento, como en la pieza *Donald J. Dump*.

Puede advertirse en la muestra que la ironía es uno de sus elementos retóricos más recurrentes, junto con la yuxtaposición (la cruz y la estrella de David) y la paradoja, esto es la real o aparente contradicción, como la imagen en que aparece Gorbachov (Gorbachev) con la frase "Gracias".

En su totalidad, una espléndida propuesta a la mirada, sobre todo la dispuesta al asombro, y una oferta de reflexión acerca del empleo de recursos y procesos análogos en el diseño.



Directorio

Agradecemos al Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada por las colaboraciones enviadas para este número especial de *Pregones de Ciencia*.

1. La muerte descendente. Una enfermedad silenciosa de los árboles frutales

Liliana Eunice Saucedo Picazo
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)
sucedo.liliana@inifap.gob.mx

Norma Flores Estévez
nflores@uv.mx

Juan Carlos Noa Carrazana
jnoa@uv.mx

2. La técnica del insecto estéril: planeación familiar en beneficio de nuestra alimentación y salud

Diana Pérez Staples
diperez@uv.mx

3. Hongos del suelo: ¿aliados invisibles o enemigos ocultos en los bosques tropicales?

María Mabel de Jesús Alarcón
Maestría en Ciencias en Ecología y Biotecnología
zs23000719@estudiantes.uv.mx

Antonio Andrade Torres
aandrade@uv.mx.

Laura Yesenia Solís Ramos
Centro de Investigación en Biodiversidad y Ecología Tropical y Escuela de Biología,
Universidad de Costa Rica
laura.solisramos@ucr.ac.cr

4. Búfalos y vacas: nueva perspectiva para los suelos tropicales

América Isabel Ortiz Carmona
ing_americaortiz@hotmail.com

Yareni Perroni Ventura
yperroni@uv.mx

Ángel Héctor Hernández Romero
Centro de Estudios Interdisciplinarios
en Agrobiodiversidad
Universidad Veracruzana
hechernandez@uv.mx

5. Biotecnología al alcance de tu mano

Fátima Reyes Alejandro
zs24019451@estudiantes.uv.mx

6. La desecación del ambiente y el estrés hídrico en semillas

Candelaria Garcias Morales
cangarcias@uv.mx

Lázaro Rafael Sánchez Velázquez
lasanchez@uv.mx

7. Bacterias amigas: esenciales para la salud vegetal y la productividad agrícola

Oscar Ceballos Luna
oscar219607@gmail.com

Alex Amir López Márquez
alexgnr619@gmail.com

Héctor Santiago Hernández Navarro
hectorhnav98@gmail.com

8. El sentido de la electricidad / A Sense of Electricity

Dinesh Rao
vrao@uv.mx

Traducción: Luis Esparza Serra

9. Historia de la Fitopatología en México

Javier Camacho Morales
Doctorado en Ciencias en Ecología y Biotecnología
zs23000374@estudiantes.uv.mx

Heidi Daniela Ceballos Vargas
Maestría en Ciencias en Ecología y Biotecnología
zs23000725@estudiantes.uv.mx

Linda Irene Camacho Morales
Doctorado en Micología Aplicada
Centro de Investigación en Micología Aplicada
zs24019915@estudiantes.uv.mx

10. *Fruticultura mexicana en riesgo: mosca del Mediterráneo estéril como herramienta de control*

José Arredondo
Programa MOSCAMED-DGSV_SADER
jose.arredondo.i@senasica.gob.mx

Francisco Díaz Fleischer
fradiaz@uv.mx

11. *El diagrama: un beso interseccional entre arte y ciencia*

Rodolfo Sousa Ortega
Artista visual y profesor
erresousa@gmail.com

12. *El obsequio de Xochiquétzal*

Perla Hernández García
Estudiante de la Fac. de Letras Españolas
Universidad Veracruzana
zS22014034@estudiantes.uv.mx

13. *El festival bajo las parras del Limari*

Eduardo Antonio Jaime Muñoz
Departamento de Educación de la
Municipalidad de Monte Patria, Chile
ejaim18@gmail.com

14. *De la Rosa: dispuesto siempre a enseñarle a todo aquel que quiera*

Entrevista a Alberto de la Rosa
Director de Tlen Huicani
Universidad Veracruzana

15. *Péter Pócs con nosotros... otra vez*

José Manuel Morelos Villegas
Instituto de Artes Plásticas
Universidad Veracruzana

En portada, Frescura e innovación, de José Manuel Morelos Villegas.
Collage digital, 2025, Xalapa, Ver.



Pregones de Ciencia. Por una cultura científica común / *Revista multidisciplinaria de ciencia y arte*, No. 7, una publicación semestral septiembre-diciembre de 2025, editada por la Dirección General de Investigaciones, Universidad Veracruzana. Es distribuida por la Coordinación de Gestión y Divulgación de la Investigación de la misma Dirección General, en acceso abierto, totalmente gratuito y sin publicidad. Esta revista utiliza fuentes Adobe Fonts con licencia a nombre de la Universidad Veracruzana. Las imágenes, ilustraciones y otros elementos gráficos son propiedad de sus respectivos autores o fuentes, y se utilizan con fines académicos y divulgativos. Todos los derechos y responsabilidades de los contenidos de esta revista pertenecen a las y los autores. Esta revista se adhiere a los principios éticos y de calidad de la Asociación de Revistas Científicas de México (ARCEM) y del Comité de Ética de Publicaciones (COPE). Los artículos enviados a esta revista se someten a un proceso de evaluación por pares doble ciego, lo que garantiza el anonimato y la imparcialidad de los evaluadores. Esta revista se financia con recursos propios de la Universidad Veracruzana. Para más información visita nuestra página <https://pregonesdeciencia.uv.mx/> Escríbenos a pregonesdeciencia@uv.mx, teléfono: 228 8418900, ext. 13114. Dirección: Dr. Luis Castelazo Ayala, Industrial Las Ánimas, C.P. 91193 Xalapa de Enríquez, Veracruz de Ignacio de la Llave, México. Esta revista se terminó de editar y publicar en septiembre de 2025.

