

Pregones *de* Ciencia



Por una cultura
científica común
Revista multidisciplinaria
de ciencia y arte

No. 6





Pregones de Ciencia

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

No. 6

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

Pregones de Ciencia. Por una cultura científica común / Revista multidisciplinaria de ciencia y arte de la Universidad Veracruzana, **número 6, julio 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 pregonesdeciencia@uv.mx y página web <https://pregonesdeciencia.uv.mx/index.php/pregones>. 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 Trigos 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 Arellanez Hernández	Instituto de Investigaciones Psicológicas
Dr. Arturo Guillaumin 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

El número seis de *Pregones de Ciencia* es una muestra más del compromiso que la Dirección General de Investigaciones y este rectorado tienen para desarrollar una revista donde dialoguen el contenido y el diseño de calidad, así como disciplinas y áreas de conocimiento y creación artística diversas, todo ello en un ambiente divulgativo y de responsabilidad social.

Es así que **Microplásticos: nuevo peligro invisible**, de Tilahí Hernández y colaboradores, nos describe una temática preocupante y vigente: la presencia de estos en diversos ambientes y los riesgos potenciales para la salud, derivada de su consumo inconsciente por alimentos. Por su parte, Ángel Ortiz y Rogelio Lara nos llevan por un viaje entre la tradición y la ciencia con **El maguey pulquero: un viaje desde el pasado**, un texto sobre la domesticación de esta planta, su uso ritual por nuestras culturas originarias, hasta su comercialización y el análisis de sus beneficios para la salud.

Dice Viridiana Platas que, en la Europa del siglo **XVII**, hubo cabida para los seres que ahora son descartados de la investigación científica en **Brujas, fantasmas y vampiros en los inicios de la ciencia experimental**, este texto es un excelente ejemplo de cómo la ciencia mueve constantemente sus paradigmas. Por su parte, Mario Vera y Manuel Medina renuevan la mirada sobre el lapacho rosa, una planta poco conocida, **Árboles de lapacho: nuevo capítulo en el desarrollo de fármacos**, ya que estudios recientes dan cuenta sobre sus beneficios ante enfermedades como el cáncer y la diabetes.

Uno de los objetivos de la divulgación es ayudar a comprender cómo la ciencia está presente en la vida cotidiana, y la aportación de Sergio Durand y colaboradores, **Teoría de grafos y algunas aplicaciones**, explicita el problema de los recorridos para llegar a diferentes puntos, útil para la construcción de caminos o el transporte de mercancías de la manera más eficaz. En el sentido de mostrar procesos en la investigación, en **Colorear al cerebro. Un truco para estudiarlo**, Jérica Cortes y colegas nos explican por qué el cerebro se ve rosa, y luego se ve gris; y cuál es la técnica para colorearlo y estudiarlo.

La magia de la ligación: paso crucial en la clonación, enviado por Diana Murrieta y colegas, revisa uno de los grandes misterios de la vida: la cadena de ADN, pero la pregunta se complica cuando hablamos de clonación, y en esta aportación encontraremos una posible respuesta a este enigma de la genética. Y si hablamos del cuerpo humano, Jorge Ríos y Krystal González analizan el impacto de los esteroides en nuestro organismo en **Atajos peligrosos para un físico ideal**, algunas veces para bien, otras no tanto, y los riesgos que implica para la salud, incluido el hecho de que no siempre ayudan a lograr el físico ideal.

Pregones de Ciencia desde sus inicios se ha preocupado por incluir géneros literarios y textos en lenguas originarias, en este sentido, **Se weyi owihkayotl ipan atzintli** (o **Un gran problema sobre el agua**), es un relato en náhuatl sobre la comunidad, las tradiciones y los mitos: un regalo de Gabriela Citlahua, de la Sierra de Zongolica y estudiante de la UVI. Contamos además con dos escritos derivados del Primer Encuentro de Escrito Divulgativo de Ciencia realizado en el 2024. **Semillas heredadas**, de Karla Rodríguez, sobre una familia y el chilar que será su patrimonio; y, Rosa Romero, nos acerca a la vida de la astrónoma Caroline Lucretia Herschel, en **Lamento de la estrella**.

Como en cada número, contamos con una colaboración del Instituto de Artes Plásticas, y en esta ocasión José Manuel Morelos invita a conocer a la fotógrafa Mariana del Campo y la exposición de su obra en **Inventario**. Y finalmente, una entrevista con el director de la Orteuv, Mtro. Mario Espinosa Ricalde, quien explica concepciones del teatro como arte y como espacio en **El teatro: una maquinota que tienes que ir probando**.

Es así que integramos esta sexta entrega de *Pregones de Ciencia*, es esperando que sea del agrado de todos ustedes. Confiamos que sí, y que nuestro esfuerzo sea reconocido para continuar con su apoyo a nuestro trabajo editorial.

Roberto Zenteno Cuevas
Roxana Zermeno Rivas

Contenido

08 Microplásticos: nuevo peligro invisible

Tilahí Hernández Morales

Haydee Eliza Romero Luna

Francisco Erik González Jiménez

Audry Peredo Lovillo

16 El maguey pulquero: un viaje desde el pasado

Ángel Isauro Ortiz Ceballos

Rogelio Lara González

22 Brujas, fantasmas y vampiros en los inicios de la ciencia experimental

Viridiana Platas Benítez

28 Árboles de lapacho: nuevo capítulo en el desarrollo de fármacos

Mario Antonio Vera Guzmán

Manuel Eusebio Medina López

34 Teoría de grafos y algunas aplicaciones: matemática útil en la vida diaria

José Sergio Durand Nikonoff

Myrna Hernández Matus

Sergio Francisco Juárez Cerrillo

40 Colorear al cerebro. Un truco para estudiarlo

Jesica Jocelyn Cortés Cortina

Laura Mireya Zavala Flores

44 La magia de la ligación: paso crucial en la clonación

Diana Lizzet Murrieta León

Patricia Rosales Flores

Aracely López Monteon

50 Atajos peligrosos para un físico ideal: esteroides anabólicos y sus riesgos

Jorge Santana Ríos González

Krystal Dennice González Fajardo

**56 Se weyi owihkayotl ipan atzintli /
Un gran problema sobre el agua**

Gabriela Citlahua Zepahua

66 Semillas heredadas

Karla Rodríguez Cortés (Enid Farville)

71 El lamento de la estrella

Rosa María Romero García (Rosemary Raind)

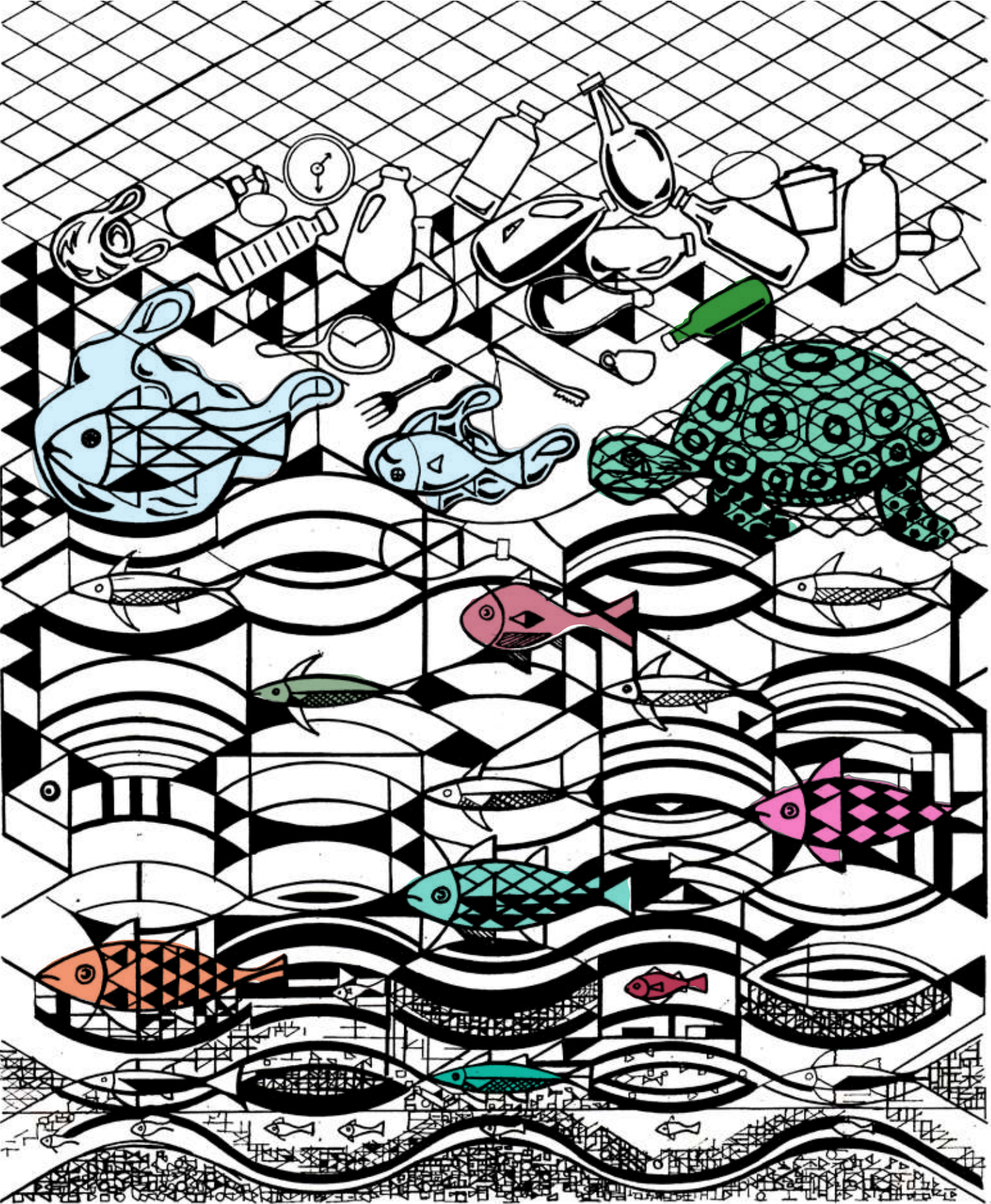
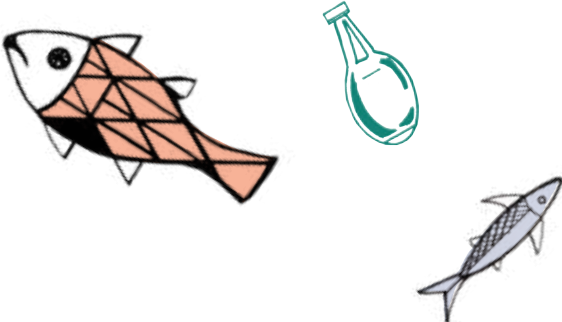
74 Inventario

José Manuel Morelos Villegas

**78 El teatro: una maquinota que tienes
que ir probando**

Entrevista a Mario Espinosa Ricalde

Tilahí Hernández Morales, Haydee Eliza Romero Luna,
Francisco Erik González Jiménez y Audry Peredo Lovillo





Introducción

Hoy en día, los plásticos forman parte de la cotidianidad de los seres humanos, al estar presentes en casi todos los quehaceres domésticos. Conocidos por su moldeabilidad, estos materiales poliméricos también se utilizan en diferentes ramas de la industria, cumpliendo funciones específicas y facilitando diversas tareas. Se estima que anualmente se producen alrededor de 440 millones de toneladas de plásticos y que la producción ha mantenido un alza acelerada y constante, durante los últimos cinco años. De continuar con esta tendencia, para el 2050, alcanzará los 33 mil millones de toneladas a nivel global. Por lo anterior, los plásticos son considerados una de las mayores fuentes de contaminación del siglo XXI.

Lo más preocupante de los plásticos es que la gran mayoría son materiales de un solo uso y, una vez desechados, entran en un proceso de deterioro que puede durar cientos o incluso miles de años.

Cuando pensamos en la contaminación por plásticos, lo más común es que nos lleguen a la mente imágenes de botellas, bolsas o envoltorios apilados en la calle o tirados a orillas de caminos o carreteras; sin embargo, esto no es así, ya que cerca de 95% de la contaminación por plásticos se presenta en ríos, mares y otros mantos acuíferos en forma de microplásticos; es decir, plásticos de un tamaño pequeñísimo que miden desde un micrómetro (mil veces más pequeños que un milímetro o que un grano de arroz) hasta cinco milímetros.

Las micropartículas plásticas se producen de dos formas:

 Microplásticos primarios, que se generan de manera intencional, ya que son utilizados como sustitutos de resinas naturales o minerales en productos de higiene personal como exfoliantes, pastas de dientes, jabones, desodorantes, shampoos, maquillajes, así como en productos de limpieza.

 Microplásticos secundarios, que se obtienen de manera no intencional, puesto que cuando un plástico es depositado en un vertedero o alcanza los mantos acuíferos, diversos agentes ambientales como el sol, el calor y el viento, poco a poco, los van desgastando, liberando así pequeñas partículas plásticas al ambiente. Más

de 70% de las partículas plásticas contaminantes en el ambiente son microplásticos secundarios, con diferentes composiciones.

Entre los microplásticos más comunes encontrados como residuos en el medio ambiente, se encuentran los hechos de policarbonato (PC), nylon o poliamida (PA), polimetilmetacrilato (PMMA), poliuretano (PUR), ácido poliláctico (PLA), poliestireno (PS), polietileno (PE), polietilen tereftalato (PET), polipropileno (PP) y cloruro de polivinilo (PVC). Pese a que con anterioridad se tenía conocimiento de su presencia, lo alarmante de dichas partículas es que han sido halladas en lugares donde nunca se pensó encontrarlas, desde en las corrientes de aire que los arrastran por diferentes sitios geográficos dentro de los continentes, hasta en productos alimenticios de consumo humano; incluso se han observado en órganos y fluidos corporales.

Una vez que se tiene conocimiento de la presencia de partículas plásticas dentro del cuerpo humano, lo más intrigante es saber cómo llegaron hasta ahí. Lamentablemente, para ello existen varias respuestas, ya que se ha demostrado que estos residuos ingresan al cuerpo humano por inhalación (suspendidos en el aire y arrastrados por las corrientes de viento), por contacto directo (con micropartículas plásticas desprendidas de algún otro plástico más grande), y a través de la dieta (presentes en alimentos como contaminantes).

Además de clasificarlos por su constitución química y método de obtención, los microplásticos se dividen en dos grupos, de acuerdo con sus diez tipos de forma: comprimidos, fragmentos, fibras, películas y espumas (que pueden medir de 1 a 5 milímetros), y microesferas, microfragmentos, microfibras, micropelículas y microespumas (que alcanzan hasta 1 micrómetro de tamaño). Dichas formas nos ayudan a conocer su procedencia, es decir, de qué plástico se desprendieron, los tiempos y las condiciones de degradación y el nicho ecológico del cual provienen (ríos, lagos, suelo, corrientes de aire, etcétera).

Dentro de los alimentos, la mayor presencia de microplásticos se encuentra en los productos comestibles de origen marino.

Hoy sabemos que cerca de 50% de los peces y crustáceos acumulan en sus tejidos musculares residuos sintéticos, por lo cual, basado en la ingesta promedio de este tipo de productos del mar en países desarrollados, se estima un consumo anual de 518 a 3,078 microplásticos en personas adultas. Derivado de la estadística anterior, se ha generado una línea de investigación, cuyo principal objetivo es la búsqueda de micropartículas dentro de todo tipo de alimentos marinos y, sobre todo, dentro del propio cuerpo humano.

Al respecto, lamentablemente los resultados han sido positivos, encontrando micropartículas plásticas en tejidos como cerebro, pulmones, corazón, hígado, bazo, placenta, riñones, testículos, así como en fluidos como sangre, heces, semen, orina e incluso leche materna. Estos hallazgos han desatado una preocupación global acerca de cómo saber qué tan contaminados estamos los seres humanos por microplásticos, cuáles son sus efectos tóxicos y, más que nada, cuáles son las estrategias para frenar esta fuente de contaminación, es decir, cómo es posible eliminar los microplásticos de nuestro cuerpo antes de que se conviertan en un problema que comprometa la vida humana.

En este sentido, las siguientes líneas ofrecen un panorama descriptivo sobre los efectos tóxicos generados por la presencia de microplásticos en el cuerpo humano, sus fuentes más comunes, y las estrategias para revertir o aminorar estos contaminantes y evitar sus efectos dañinos. Principalmente, se pretende informar sobre las medidas a tomar si queremos garantizar un futuro más saludable y sustentable para las generaciones venideras.

Microplásticos hasta en la sopa: ¿cómo llegan a los alimentos?

Para responder a esta interrogante, debemos tener en claro cuáles son las fuentes de contaminación por partículas plásticas, esto es, conocer la cadena alimentaria, desde el origen de los productos hasta que estos llegan a nuestra mesa. En este sentido, todo comienza en los mantos acuíferos, ríos, lagos, lagunas, mares y océanos, en donde la mayoría de los plásticos son degradados a escala micrométrica y son absorbidos por gran parte de los animales marinos, algunos de los cuales forman parte de nuestra dieta.

En realidad, la cadena alimentaria inicia con organismos, productores primarios, como plantas y algas, que captan nutrientes directamente del suelo, del lecho marino o de los mantos acuíferos. Durante su crecimiento, además de nutrientes, absorben microplásticos procedentes de fuentes contaminadas, fijándolos en su estructura celular, transformándose en un sustrato natural contaminado que pasa a ser alimento para otros organismos vivos como mi-

croorganismos fermentadores, insectos, fauna acuática, animales terrestres y seres humanos, quienes nos posicionamos en la cima de la cadena alimentaria, lugar peligroso, si tomamos en cuenta que lideramos el consumo de frutas, vegetales, hortalizas, animales y derivados.

A lo anterior se suma la actividad humana, al realizar determinados procesos con el propósito de conservar ciertos productos, lo que genera una mayor fuente de contaminación, al combinar procesos térmicos con envases, empaques o embalajes plásticos. Dichas prácticas industriales se suman al mal manejo y a la desinformación de los consumidores sobre el uso correcto y estrategias para el desecho de los plásticos, lo que contribuye al aumento de su presencia y, por tanto, a la contaminación en el cuerpo humano.

Se puede decir que actualmente vivimos en un círculo vicioso generado por la acción humana.

En cuanto a la industria alimentaria, la principal fuente de microplásticos se centra en los contenedores, donde se almacenan o se transportan diferentes productos para el consumo. Hechos mayoritariamente de PP, PS, y PE, los contenedores, en su mayoría, liberan micropartículas plásticas, en especial después de ser sometidos a fuerzas mecánicas excesivas o a temperaturas altas que comprometen su estructura, sobre todo cuando se utilizan recipientes elaborados con PS, razón por lo que en algunas regiones del mundo han sido prohibidos.

Se estima que, anualmente, a través de su alimentación, un adulto consume entre 39,000 y 52,000 micropartículas plásticas y que esta cifra aumenta a 74,000-121,000, si se consideran los absorbidos a través de la inhalación. Ahora bien, si también se toma en cuenta el consumo exclusivo de agua embotellada, se suman anualmente otras 90,000 micropartículas plásticas, a diferencia de las 40,000 que se pueden absorber a través de la ingesta de agua potable que procede del grifo.

Aunque pudiéramos pensar que, dado su estilo de vida, los adultos son la población más expuesta a los microplásticos, debido a los hábitos de consumo de alimentos procesados o ultraprocesados (como los instantáneos), envasados o almacenados en contenedores plásticos,



la realidad es totalmente lo contrario: existen reportes de que los bebés, los recién nacidos y los infantes, son la población con mayor exposición a dicha fuente de contaminantes. Lo anterior, debido a que es común el uso de biberones, chupones o vasos plásticos esterilizables mediante altas temperaturas, lo que puede liberar desde 1,300,000 hasta 16,000,000 de micropartículas plásticas por litro, equivalentes a 14,000-4,500,000 por día, una cantidad aproximada de 2,600 veces mayor que la consumida por los adultos.

En cuanto a la preparación de alimentos a nivel casero, es muy probable que, si se utiliza una tabla de plástico para cortar diferentes productos de consumo, durante su proceso de preparación, se desprendan entre 100 a 300 microplásticos por milímetro cuadrado, mismos que podrían ser “arrastrados” por los alimentos hacia el sistema digestivo humano. Esta generación de residuos sintéticos se suma a la obtenida mediante el uso incorrecto de utensilios plásticos (bolsas, platos, vasos y cajas) que, una vez calentados en hornos convencionales o de microondas a más de 100 °C, liberan micropartículas hacia los alimentos. Para contrarrestar este fenómeno, se han diseñado plásticos termoestables que resisten los procesos de cocción y calentamiento sin sufrir cambios, pero solo un reducido número de la población los conoce.

Los microplásticos: los nuevos “red flags” de la comida

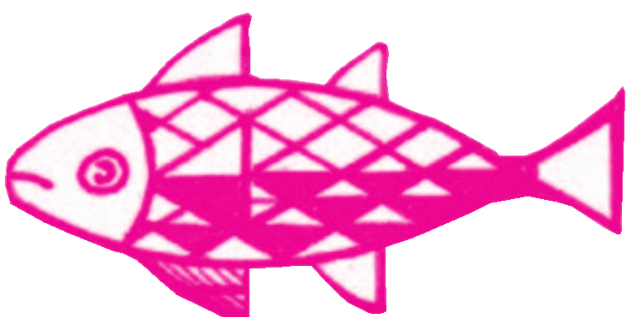
La dieta es la ruta de contaminación por microplásticos de mayor preocupación para los científicos; durante los últimos diez años, su concentración en alimentos ha aumentado al igual que el tipo y diversidad de productos en los que se han identificado. Inicialmente se consideró a los productos del mar (peces, mariscos, moluscos, sal y sus derivados) como los únicos alimentos con presencia de residuos plásticos, lo que hasta cierto punto suena lógico, sobre todo, si tomamos en cuenta que los mantos acuíferos están altamente contaminados.

En la actualidad, la dieta del mar es considerada una importante fuente de proteína (17% del consumo proteico para cerca de 3 mil millones de personas en el mundo), con un consumo anual per cápita por arriba de los 20 kilogramos. Al respecto, es necesario mencionar que cerca de 80% de los productos marinos contaminados por microplásticos incluyen a las especies pelágicas, es decir, aquellas que habitan en aguas medias o cerca de la superficie, donde la actividad humana y sus contaminantes son difíciles de identificar. De los plásticos encontrados en especies de peces comestibles, entre 57 y 87% corresponden a microfibras, principalmente adheridas en las paredes intestinales de peces como atún, macarela, arenque, bacaladilla azul, bacalao y jurel.

Otros productos del mar altamente contaminados son las ostras del Pacífico, la almeja japonesa, las gambas y el camarón tigre, organismos donde se ha mostrado una concentración de hasta 2.5, 3.84, 0.68 y 1.5 micropartículas por gramo, respectivamente. Además, en algunos casos, las concentraciones de sustancias plásticas aumentan, tal es el caso del atún o la sardina, puesto que en su proceso de enlatado se eleva potencialmente la concentración de microplásticos, principalmente en los elaborados a base de PP y PET.

Por otro lado, nuevos estudios han señalado la presencia de microplásticos en productos como agua embotellada y potable, cerveza, bebidas energéticas, refrescos, sodas, té, leche, productos lácteos y vino, en cuyo procesamiento, para lanzarlos al mercado, utilizan empaques plásticos que pueden generar residuos nocivos. No obstante, lo más alarmante es que se han reportado microplásticos en las pulpas y cáscaras de frutas y vegetales frescos, mismos que sirven de materia prima para la elaboración de bebidas embotelladas y otros tipos de alimentos procesados e incluso en los mínimamente procesados.

Actualmente, la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda una ingesta diaria de, al menos, 400 gramos de frutas y vegetales para mantener una vida “saludable”; sin embargo, la mayoría de las frutas y vegetales han sido reportados como alimentos contaminados con microplásticos, por ejemplo, las manzanas, peras, brócoli, lechuga, zanahoria y papa, con un promedio de 132,740 micropartículas por gramo.



Además de los alimentos en sí, algunos de sus ingredientes o aditivos, como la sal o el azúcar también son considerados fuentes de residuos sintéticos.

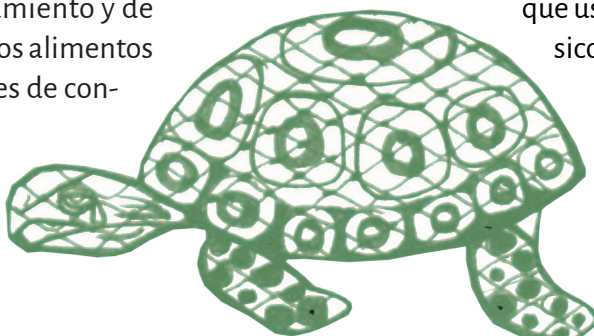
En el caso de la sal, diversas marcas y tipos (sal de mesa, de mar y en grano) han mostrado concentraciones de 11 hasta 253 microplásticos por gramo. En cuanto al azúcar, uno de los ingredientes más utilizados y consumidos a nivel mundial, se ha reportado una concentración de hasta 344 microplásticos por kilogramo, adquiridos principalmente durante el procesamiento, extracción, purificación, refinamiento, secado y envasado del producto.

Asimismo, se han encontrado microplásticos en leche materna; un reciente estudio señala que los bebés lactantes están expuestos a este medio de contaminación, aun cuando su única fuente de alimentación sea la leche de sus madres. Por lo anterior, y entendiendo que posiblemente los microplásticos hayan llegado a nuestras vidas para quedarse, las agencias internacionales, dedicadas al control de la seguridad e inocuidad alimentaria, ya estudian su impacto.

Por su parte, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), ha declarado como tolerable un consumo de microplásticos de hasta 50 microgramos por kilogramo de peso corporal al día ($\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso corporal/día). Mientras que la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América (EPA) ha señalado como tolerable un consumo máximo de 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso corporal/día.

En cuanto a México, se ha estimado que el consumo de micropartículas plásticas en niños ronda los 19.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso corporal/día, cantidad suficiente para representar un riesgo en su salud metabólica.

A nivel industrial, los alimentos procesados con mayor cantidad de microplásticos son las carnes rojas, aves de corral, peces, aceites de cocina, fórmulas lácteas infantiles, así como la comida rápida (hamburguesas, nuggets, burritos de pollo y quesos para pizza), donde el uso de recipientes de almacenamiento y de guantes para manipular los alimentos son las principales fuentes de contaminación.



Tal parece que actualmente los microplásticos han invadido la mayoría de los productos de la dieta humana, lo que ha generado una gran preocupación acerca de cómo remediar este problema que compromete la salud. El tema ha alcanzado tal magnitud que existen investigaciones en las que, al tratar de comparar los efectos de los microplásticos en humanos, no se ha podido contar con un grupo de control, libre de fragmentos derivados del plástico.

El peligro de los microplásticos

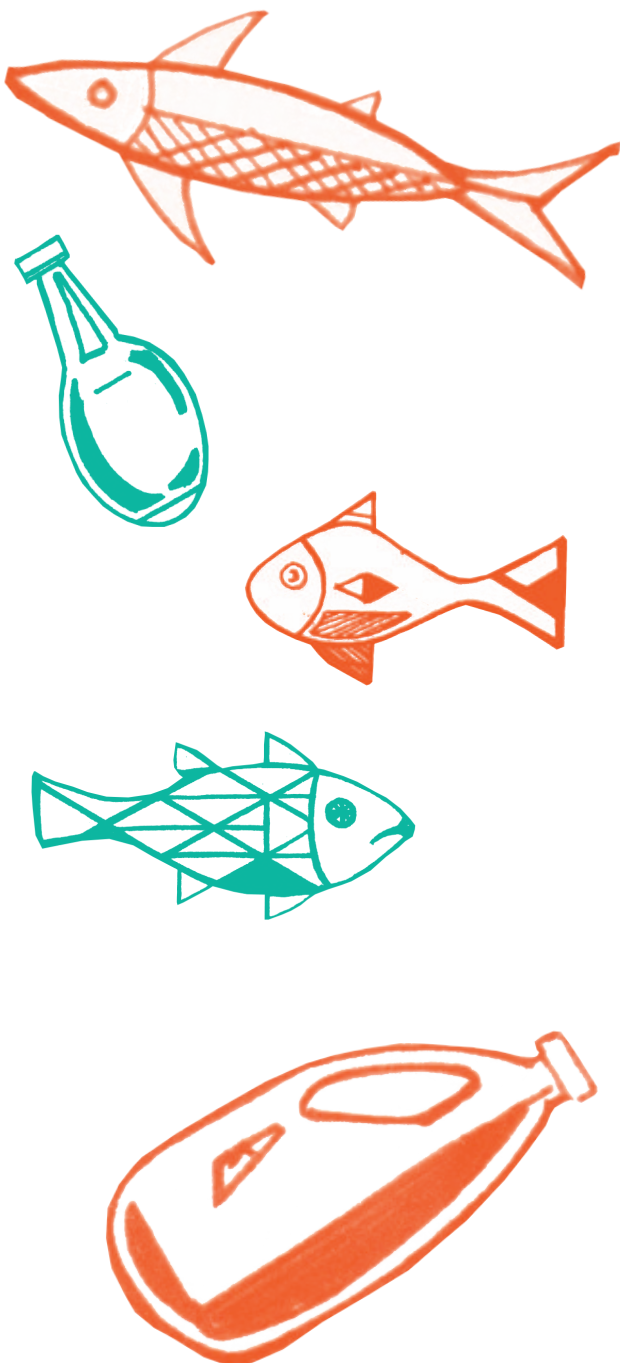
A diferencia de otros compuestos tóxicos o dañinos, encontrados en los alimentos, los efectos nocivos de los microplásticos se han estudiado y reportado muy poco y la mayoría de los relacionados con su toxicidad, se han desarrollado en modelos animales; sin embargo, se sabe que, al tener como principales rutas de entrada la inhalación y la ingestión a través de alimentos, estos generan daños en las paredes intestinales y pulmonares, interactuando con proteínas y glicoproteínas para ser absorbidos y, una vez dentro de nuestro cuerpo, pueden desencadenar procesos de inflamación de los tejidos, disminución de la respuesta inmune y cambios en la absorción de nutrientes.

Por otro lado, ya en el cuerpo humano, las partículas plásticas elevan el estrés oxidativo caracterizado por un aumento de moléculas oxidantes con diferentes tipos de enlaces químicos y grupos funcionales. Este estrés oxidativo afecta directamente la función del hígado, que no puede regular el excesivo nivel de compuestos oxidantes, perdiendo así funciones vitales como el metabolismo y almacenamiento de glucosa y grasas. Asimismo, los microplásticos alteran significativamente al sistema nervioso, aumentando los niveles de dopamina y reduciendo la concentración de los transmisores colinérgicos, encargados de la estimulación de los impulsos nerviosos.

También se ha reportado que individuos con acumulación de microplásticos en arterias tienen el doble de probabilidades de sufrir infartos o de morir por cuestiones cardíacas, si los comparamos con aquellos que tienen arterias “tapadas” por otro tipo de materiales no plásticos. Su acumulación en tejidos cercanos al corazón se había reportado en el año 2000, sin embargo, en el estudio únicamente se consideraron 29 pacientes, ya fallecidos, que usaron durante su vida dispositivos prostéticos, mismos que fueron señalados como la fuente de los microplásticos; además, en esa ocasión, las partículas encontradas poseían un tamaño de un micrómetro y su efecto, potencialmente tóxico, se descartó debido a la “baja concentración” en la que se encontraron.

Otro de los efectos tóxicos de los microplásticos incluye a las vías respiratorias, principal vía de entrada y exposición, aunque lo cierto es que la mayor concentración se da cuando se suman los que se inhalan y los que entran a través de la dieta.

El tamaño y la densidad determinan qué tan profundo penetran los microplásticos en el sistema respiratorio humano, ya que a un menor tamaño las micropartículas plásticas penetran y se acumulan en los pulmones con mayor facilidad. Una vez dentro de los pulmones, desencadenan diferentes padecimientos como irritación, tos, dificultad para respirar, así como baja capacidad de oxigenación en el cuerpo.



En cuanto a la salud reproductiva, se ha visto que la presencia de microplásticos de PS disminuye la producción y motilidad del espermatozoide, aumentando, al mismo tiempo, su velocidad de deformación. Adicionalmente, también disminuyen el nivel de testosterona y la actividad enzimática relacionada con la producción de espermatozoides. De igual modo, en ratones hembra se observó su acumulación en ovarios y útero, afectando la capacidad reproductiva y la fertilidad. A pesar de que se reportó que las hembras de ratón son más propensas a la acumulación de microplásticos en órganos reproductivos, su efecto en mamíferos como los humanos aún no se ha explorado con profundidad.

Por otro lado, uno de los efectos tóxicos más importantes de los microplásticos es su capacidad carcinogénica. Esta capacidad de generar un proceso cancerígeno se basa en la presencia de compuestos tóxicos como los hidrocarburos aromáticos policíclicos que se han encontrado adheridos a la superficie de los microplásticos en concentraciones de hasta 3.17 miligramos por litro, concentración que representa un alto potencial carcinogénico para los seres humanos, ya que el valor reportado es 1,000 veces mayor que el de un agente carcinogénico estándar como el α -benzopireno. Además, también disminuyen la respuesta inmune, promoviendo el desarrollo de enfermedades autoinmunes. En este sentido, no existen reportes de efectos inmunosupresores de los microplásticos en humanos; sin embargo, se tiene pensado que estos efectos pueden deberse a la liberación no controlada de moduladores inmunes, la activación o desactivación de las células inmunes y la disminución en la producción de anticuerpos.

En cuanto a la absorción externa, los microplásticos entran al cuerpo a través de la piel, específicamente a través de las glándulas sudoríparas y los folículos pilosos (cavidad de la piel donde crece el pelo). Una vez que han atravesado la piel, estas micropartículas, provenientes principalmente de cremas, cosméticos y productos de aseo personal, son absorbidas por otras células, desencadenando procesos toxicológicos como los mencionados.

La mayoría de investigaciones relacionadas con la toxicidad de los microplásticos en el cuerpo humano apenas comienza y prácticamente se ha limitado a ambientes controlados a nivel laboratorio. Sin embargo, en estos experimentos no se consideran factores de interferencia que se pueden presentar en un sistema metabólicamente activo. Es por ello que son necesarios estudios más complejos para comprender a fondo los mecanismos de interacciones de los microplásticos con el metabolismo humano y así plantear nuevas estrategias preventivas y detoxificantes.

Acciones contra los microplásticos en alimentos, ¿qué estrategias propone la ciencia?

La primera acción que se ha sugerido, y la más obvia, es evitar el uso de plásticos de un solo uso, como popotes, bolsas de plástico, cubiertos desechables y evitar depositar estos residuos en el suelo.

Muchos científicos optan por el reciclaje, es decir, reintroducir los microplásticos de desecho en el ciclo de calentamiento para degradarlos y convertirlos en nuevos productos una vez que son mezclados con polímeros de primer uso, reduciendo la contaminación y el costo de producción.

Debido a que el proceso de la degradación de los microplásticos es complejo y lento, se ha encontrado que ciertos microorganismos pueden acelerar su biorremediación. En este sentido, algunas especies de bacterias y algas son capaces de generar una especie de biopelícula sobre los plásticos de mayor tamaño, la cual cumple con diferentes funciones, incluso la degradación propia del plástico donde se encuentra y el atrapamiento de otras partículas plásticas micrométricas. Cuando las biopelículas, principalmente constituidas de carbohidratos, entran en contacto con los microplásticos, sirven como un vehículo que facilita la remoción de estos contaminantes de manera más fácil, sencilla y barata. Además de estas ventajas, se ha considerado el empleo de las biopelículas microbianas como sustitutos para algunos recubrimientos plásticos, ya que son más fáciles de producir y se degradan en menos tiempo que los recubrimientos plásticos. Sin embargo, para llegar a esta utilidad se deben cumplir diferentes condiciones, relacionadas con la seguridad o no patogenicidad del microorganismo productor de la biopelícula.

Otra de las estrategias propuestas es considerar a los microplásticos como “contaminantes orgánicos persistentes” (POPs por sus siglas en inglés), ya que bajo esta denominación se puede regular y controlar su producción y uso dentro de la industria alimentaria. Sin embargo, debemos recordar que la principal causa de contaminación por este medio radica tanto en el mal uso y desecho de diferentes productos plásticos, por parte de los consumidores, como en las pobres estrategias de reciclaje que, durante los últimos años, se han vuelto deficientes. De ahí la importancia de despertar consciencia en cuanto al uso responsable de los materiales plásticos, así como de incentivar la búsqueda de nuevas estrategias para la biorremediación y remoción de los microplásticos en los diferentes nichos ecológicos, lo cual podría reducir significativamente su presencia y concentración en los productos alimenticios y, consecutivamente, en el cuerpo humano.

Conclusiones y perspectivas

Aunque las investigaciones acerca de la presencia y concentración de microplásticos en alimentos están creciendo de manera acelerada, los reportes actuales aún posicionan la inhalación como la ruta principal por la cual entran al cuerpo humano. Es decir, es más probable que un ser humano se exponga a corrientes de aire con concentraciones peligrosas de microplásticos a que estas mismas concentraciones entren al cuerpo a través de la dieta.

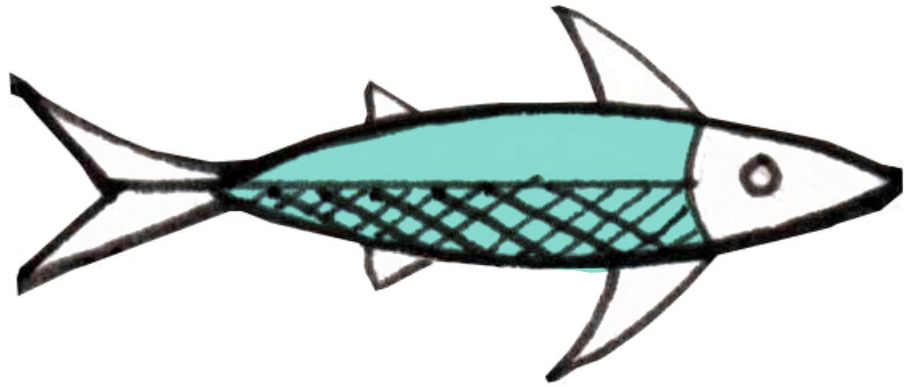
Sin embargo, hay que considerar que un efecto sinérgico puede presentarse si tanto el aire como los alimentos que ingresan al cuerpo humano poseen concentraciones peligrosas de microplásticos. Este efecto representaría un mayor riesgo para la salud humana, ya que dejaría prácticamente indefenso al cuerpo ante la entrada inminente de partículas plásticas potencialmente tóxicas y en concentraciones muy alarmantes.

La creciente presencia de microplásticos en alimentos es un problema que atenta de manera directa contra la salud y, si bien existen estudios al respecto, aún están en una etapa temprana, mientras el riesgo es cada vez mayor, por lo que es necesario que las investigaciones se centren en más y mejores métodos analíticos para la identificación y cuantificación de microplásticos, además de en nuevos ensayos toxicológicos que colaboren con el tratamiento y prevención de las afecciones derivadas de la acumulación de los mismos por el consumo de alimentos contaminados.

Aunque cada día se cuenta con más información, las estrategias para el desecho de los plásticos han sido ineficientes.

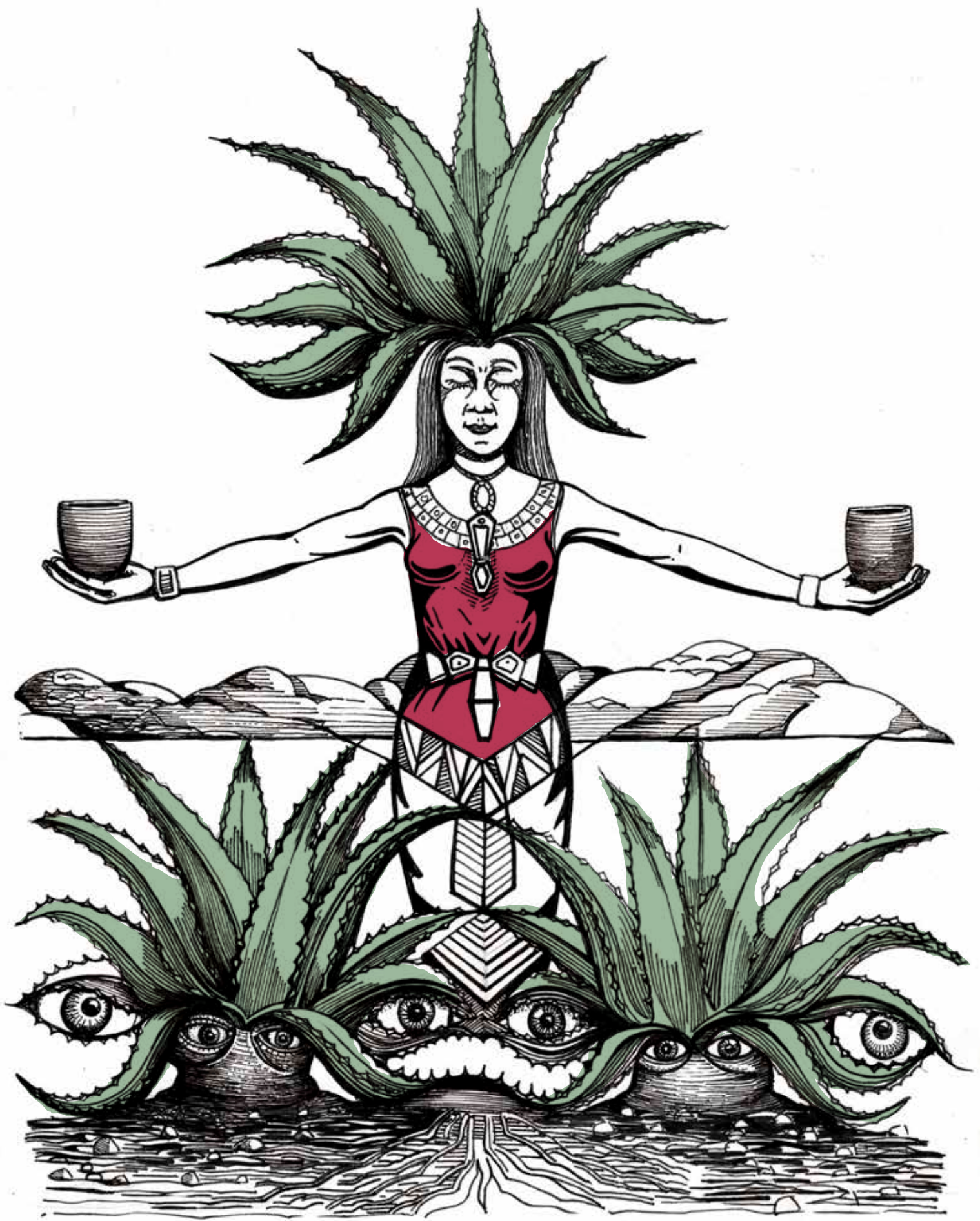
Algunos interactúan con ciertos componentes orgánicos en los vertederos donde se degradan anaeróbicamente, liberando compuestos tóxicos al ambiente como dioxinas, ftalatos, tetrabifenol A, así como metales tóxicos como cadmio y plomo, de manera que no solo la contaminación por microplásticos es un tema pendiente de abordar para las futuras generaciones, sino también los problemas derivados de ella y del uso indiscriminado de plásticos en la vida cotidiana.

Únicamente con la participación de todos como sociedad, podremos trabajar de la mano con la industria y con el sector público y contribuir así a una vida menos dependiente de los plásticos, más sustentable y transmitirla a las generaciones venideras. Por lo tanto invitamos al lector a compartir esta información, no solo con personas estrechamente relacionadas con el tema, sino en su núcleo familiar y social, de manera que el uso de plásticos sea cada vez más responsable e informado.



Referencias

- Al Mamun, A., Eka, Prasetya, T. A. E., Dewi, I. R. & Ahmad, M. (2023). Microplastics in human food chains: Food becoming a threat to health safety. *Science and the Total Environment*, 858, 159834. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159834>
- Anad, U., Dey, S., Bontempi, E., Ducoli, S., Vethaak, A.D., Dey, A. & Federici, S. (2023). Biotechnological methods to remove microplastics: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 21, 1787-1810. <https://doi.org/10.1007/s10311-01552-4>
- Blackburn, K. & Green, D. (2022). The potential effects of microplastics on human health: What is known and what is unknown. *Ambio*, 51, 518-530, <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01589-9>
- Kadac-Czapska, K., Knez, E. & Grembecka, M. (2024). Food and human safety: the impact of the microplastics. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64, 3502-3521. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2132212>
- Liu, Q., Chen, Z., Yang, F., Yao, W. & Xie, Y. (2021). Microplastics and nanoplastics: emerging contaminants in food. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69, 10450-10468. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c04199>
- Oliveri Conti, G., Ferrante, M., Banni, M., Favara, C., Nicolosi, I. Cristaldi, A., Fiore, M. & Zuccarello, P.(2020). Micro- and nanoplastics in edible fruit and vegetables. The first diet risks assessment for the general population. *Environmental Research*, 187. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109677>



El maguey pulquero: un viaje desde el pasado

Ángel Isauro Ortiz Ceballos y Rogelio Lara González

La relación biocultural del maguey pulquero con el pueblo de México es ancestral; sin embargo, la industria pulquera ha decaído con la desvalorización del pulque como bebida, el cambio de uso de suelo, el robo y el empleo de métodos de aprovechamiento tradicionales. Por ello, es necesario visibilizar entre la población, la academia y los gestores, públicos y privados, el potencial de manejo sustentable del maguey “árbol de las maravillas”, captador de carbono y agua de lluvia, útil para mejorar la calidad del suelo, producir biocombustibles y medicamentos, además de su alto valor, dadas sus propiedades gastronómicas y textiles, entre otras.

Siempre es importante recordar que el aguamiel y el pulque son probióticos semejantes al yogur, al kéfir, y la kombucha que “quita la sed, quita el hambre y da placer”.

En el presente texto, se describe el valor del maguey pulquero, el conomocimiento biológico y cultural de la planta que tenían los pueblos antiguos de México, sus usos, las haciendas pulqueras, el manejo del producto ligado a una época y a una economía, y su trayecto hasta llegar al México contemporáneo.

Los magueyes

Es conocido que los términos maguey y pulque provienen de la voz antillana (taíno) y araucara, respectivamente, vocablos utilizados desde México hasta Guatemala para distinguir cerca de 200 especies del género *Agave* (admirable), nombre científico de voz de origen castellano designado por el botánico Charles Linneus en 1753; sin embargo, se ha sugerido que este es un término innecesario y ambiguo, puesto que las lenguas mesoamericanas usan palabras muy específicas: *metl* (náhuatl), *tacamba* (purépecha) *huadá o bomi'ni* (otomí), *dua o doba* (zapoteco) y *yabi* (mixteco).

Domesticación del maguey

El poblamiento del territorio mexicano inicia hace 25 mil años y culmina con la aparición de una agricultura incipiente con el uso de artefactos líticos especializados y materiales de origen orgánico; por ejemplo, el raspador, utilizado para raspar el cajete del maguey, y el acocote *Legendaria siceraria*, para extraer aguamiel, instrumentos similares a los que se usan en la actualidad. En cuevas de Tehuacán, sitios de visita habitual de los cazadores-recolectores, los restos de coprolitos, acumulados con más de 9 mil años de antigüedad, son de maguey consumido como alimento, en forma de asado, masticado y chupado. También, los estudios arqueológicos en Cacaxtla (Tlaxcala) y en el sur de Arizona documentan hornos de pozos utilizados para la cocción de cabezas de maguey, herra-

mientas líticas y el cultivo de maguey en rodales asociados a montículos circulares y lineales de piedras. Además, nuestros antepasados diseñaron un sistema de terrazas denominado *metepantles* (de *metl*, maguey; de *pantla*, pared) para cultivar en las laderas, sembrando magueyes en taludes y bordes, al mismo tiempo que protegían el suelo y delimitaban las parcelas.

En Mesoamérica se encuentran diversas especies de agave seleccionadas por los grupos antiguos que se movían con ellas de sitio en sitio, de manera que inadvertidamente e intencionalmente las cruzaron y, a través de los siglos, generaron nuevas combinaciones genéticas, registrando de manera empírica el rendimiento y calidad de la fibra, de los alimentos, de la bebida y otros productos especiales.

Así, los grupos humanos antiguos se especializaron conforme avanzaba la civilización y, a su vez, especializaron los magueyes, seleccionando sus virtudes, de acuerdo con lo que querían, deseaban o necesitaban: Mepizahua (de pitzahua, flaco, delgado), Agave mapisaga; Metometl (metolin, tiña o corrosión), Agave lechuguilla; Mexcalmetl (maguey mezcalero), Agave horrida; Papalometl (pitzotl, pecari, en alusión a sus bandas blanquecinas), Agave marmorata; Teometl (de teotl, dios, diosa), Agave salmiana.

Conocimiento biológico y cultural de los pueblos antiguos de México

Está ampliamente documentado, en códices mexicanos, mapas de peregrinaciones, crónicas y anales de la historia indígena de México, la utilización de diversas especies de maguey (*melt*) y que su aprovechamiento era total. Entre los diversos usos de la planta, la elaboración del pulque (*octli*) no era lo más importante.

Las peregrinaciones registradas en los manuscritos muestran que el descubrimiento del aguamiel (*necutli*) fue para los pueblos antiguos un acontecimiento de doble utilidad, un hallazgo de líquido mitigador de la sed y, al mismo tiempo, del hambre; de esta manera, el maguey proporcionó una fuente de agua y alimento para tolerar el ambiente árido que tuvieron que recorrer y vivir.

También el maguey fue la fuente de un placer apreciado y procurado, la savia dulce que sabe y alimenta bien.

Inicialmente, en las cavidades hechas al maguey, el aguamiel fermentó esporádicamente, dando origen al pulque antiguo con características parecidas al tlachique agridulce; solo faltaba el *inóculo* o *semilla* que provocara la fermentación. El aguamiel significó para los pueblos antiguos un regalo divino y, en consecuencia, se incorporó en las creaciones mitológicas que llenaron las leyendas de su descubrimiento. Asimismo, el maguey fue simbolizado en forma de dioses en el mundo teológico de los pueblos antiguos.

La elevada posición del aguamiel como producto sagrado se manifiesta en el procedimiento de su obtención, pues exige un conocimiento preciso de las condiciones adecuadas para lograr vino blanco o *iztac octli* (de *iztac*, blanco). Es evidente, que el aguamiel no fue un recurso que se obtuvo sin esfuerzo y/o un obsequio sin costo. Al contrario, el dominio de la técnica de extracción fue conseguido a través de una larga experiencia y conocimientos especiales. Aunque pudo ser resultado de observaciones esporádicas, en un principio por el agujeramiento o capado del meyolote o *meyellotli* (de *yollotl*, corazón, interior, pepita, médula de fruto seco) por medio de roedores o metoros (de *toloa*, tragar, engullir) u otro animal, después fueron ejecutadas activamente cuando el sabor del aguamiel y sus virtudes así lo justificaron. Por ello, es una actividad especializada bajo la responsabilidad de los tlachiqueros (de *chiqui*, raer), en otras palabras, de los poseedores de saberes ancestrales que contribuyeron al crecimiento de la economía de las haciendas pulqueras.

Es de resaltar que del aguamiel extraído del maguey no solo se producía pulque, sino también se transformaba en miel deshidratada y vinagre. Además, los pueblos antiguos aprovechaban las plantas para obtener varios productos: azúcares, al asar las partes más tiernas de las pencas, meyolote, quiote y flores; fibra *ichtli*, para confeccionar mantas, sandalias, cuerdas, cordeles y papel; material de construcción y/o combustible de las pencas y quiotes; jabón y alimento de las raíces y los hijuelos; agujas, alfileres e instrumentos de autosacrificio y castigo de los diferentes tipos de espinas; compuestos medicinales para los partos, a fin de inducir la lactancia, además de para curar males renales y gastrointestinales; gusanos blancos (*meocuil*: de *ocuili*, gusano) y rojos (*chilocuil*), y larvas de hormigas o escamoles (de *azcatl*, hormiga y *molly*, guisado) como alimento; pencas para cuneros, recipientes para el nixtamal, y mezcla para albañilería; pencas para elaborar prendas de plumas preciosas; plantas ornamentales, un uso intensivo que le dieron los españoles, y, finalmente, medio de protección, al sembrar en los caminos magueyes para impedir la llegada de los españoles a Tenochtitlán.

Sin embargo, con la caída del imperio indígena de México, el aguamiel que se empleaba principalmente en la

elaboración de la miel espesa (*necutlatetzaualli*), clara (*yztacnecutli*) y oscura (*tlilticanecutli*), se utilizó cada vez más para la elaboración del pulque común, el *yztac octli*. El pulque, pese a ser considerado vino de los dioses, perdió su condición ceremonial para convertirse en una bebida popular y de baja calidad, de manera que la industria indígena de miel de maguey fue sustituida por la fabricación del azúcar y mieles de la caña de azúcar, introducida por los españoles.

La supervivencia del cultivo de maguey y el pulque, durante y después de la Conquista, se debió a la categoría excepcional que tenían los magueyes en relación con las demás plantas útiles, al recibir designaciones cariñosas y expresivas que solo se le prodigaban a lo bello y sagrado, o sea, las especies más productivas conservaron su nombre reverencial como *Tlacometl* (señor maguey), *Teometl* (maguey divino), *Iztacámetl* (maguey blanco), *Xoxótic* (maguey verde) y *Tlélmetl* (maguey de fuego), entre otros. Así, las diferentes especies domesticadas que se utilizaron extensivamente en las haciendas pulqueras en la producción de pulque, en la actualidad, se siguen usando en las comunidades indígenas del Altiplano y aún se conservan *in situ* bajo un gradiente de manejo recolección, manejo incipiente y cultivado.

Las haciendas pulqueras

En el centro de México, a mediados del siglo XVII, surgen las haciendas con el propósito de producir alimentos para la población urbana y minera. Entre ellas, sobresalen las haciendas especializadas en la producción de pulque.

Las haciendas pulqueras más importantes y famosas surgieron en la región central de México que rodea a la actual Ciudad de México, por el occidente, norte y oriente, debido a la cercanía de los mayores mercados, situados en tres ciudades: México, Pachuca y Puebla, y debido a la ancestral tradición del cultivo de maguey. El impulso del cultivo extensivo de maguey pulquero, y la eliminación de prohibiciones del pulque, favoreció su consumo entre los indígenas y mestizos. En tanto, la introducción del ferrocarril aceleró el crecimiento de la superficie cultivada con maguey.

La extensión media de las haciendas pulqueras osciló entre 1,500 a 2,000 ha, donde cultivaban de 200 a 500 mil plantas de maguey en un periodo de 6 a 15 años y producían en promedio 2,500 litros por planta. Por ello, su ciclo de vida impuso una rotación continua de plantales para una producción constante a lo largo de los años. Únicamente durante la época de lluvias, la producción de aguamiel se reducía; la época fría y seca afectaba la elaboración del pulque, volviendo la fermentación más lenta o más rápida.

En cuanto al manejo del cultivo de maguey pulquero en las haciendas pulqueras del Altiplano de México, se resume en:



1. Reproducción:

Semilla: en desuso, costosa y con variación genética (crecimiento y producción). Selección plantas madre productivas y sanas: dejar saltar el maguey hasta que florezca, recolectar la semilla, sembrar en almacigo y esperar 15 días para que emerjan las plántulas, deshierbar, trasplantar las plántulas (5 meses), en vivero sembrar en tablas de 10 x 200 m (1x1m), trasplantar plántulas juveniles (0.8 a 1.0 m de altura) en terreno definitivo.

Hijuelos: común, barata y sin variación genética (crecimiento y producción). Selección plantas madres productivas y sanas: recolectar plántulas de 5 meses con una altura de 50 cm, trasplantar en vivero, sembrar a 2 x 1.5 m, deshierbar con arado, abonar el suelo, trasplantar plántulas juveniles (0.3 a 1.0 m de altura) en terreno definitivo.

2. Establecimiento de la plantación:

Selección de las mejores plántulas (crecimiento y sanas). Arranque de las plántulas (1 m de altura) sin lastimar el mezontete, dejar orear o escurrir para facilitar el transporte y no dañarlas, podar los hijuelos, dejando 3 a 4 pencas más el meyolote, preparar el suelo haciendo melgas o bordos, sembrar a tresbolillo, cepas (1x1x0.5 m), un año antes, efectivo (mejor desarrollo) y costoso.

3. Labores de cultivo:

Deshierbes, deshijado, podas en primavera y verano, paso de arado para aflojar el suelo, abonado con estiércol, no debiéndose fertilizar el suelo si no se hace el análisis químico.

4. Clasificación de magueyes:

Influenciado por el suelo, clima y manejo: Maguey ¼ de porte, Maguey ½ de porte, Maguey ¾ de porte, Maguey de porte.

5. Plagas y enfermedades:

Tuzas, ratones y roedores (metoros), gusano rojo (chinicuil), gusano blanco y de maguey (meocuil), pinacates, escamas, mancha circular y otros.

Cuadro 1. Fuentes: Payno, 1864; Segura, 1901; Macedo, 1950; Parsons & Parsons, 1990; Aguirre et al., 2001; Ramírez Rodríguez, 2004.

En las haciendas pulqueras se crearon nuevos métodos de cultivo que se conservan en la actualidad (Cuadro 1). Para el establecimiento de nuevos y renuevos planteles de maguey, se utilizaban plántulas provenientes de semilla o hijuelos (*mecuates*: de *coatl*, serpiente), se usaban semilleros y viveros, tratando así de mejorar la calidad y sanidad de las plántulas; sin embargo, los hijuelos se emplearon, sobre todo, para multiplicar maguey.

En ese entonces, se extendió el uso de metepantles hacia los valles y planicies para cultivar entre las hileras de los magueyes, cebada y otras especies (maíz, frijol, arvejón, haba, etcétera), mientras que el maguey se cultivaba en suelos no abonados sobre bordos o taludes que facilitaban el drenaje. Las labores culturales asociadas a los cultivos de cebada (barbecho, rastra y otros) permitía producir

más hijuelos; estos se separaban de la planta madre, se dejaban escurrir para reducir el peso, facilitar su manejo, controlar plagas-enfermedades y quizás se asociaban a morir para nacer y los plantaban (*Meteca*: de *teca*, plantar, transvasar) en los nuevos planteles. En función del clima, tipo de suelo, labores culturales y la especie, los magueyes iniciaban su etapa productiva entre los 6 y 15 años. Durante todo este tiempo se mantenían libres de arven-ses y árboles, mientras que los hijuelos se sembraban en viveros o en planteles.

Los tlachiqueros en las haciendas eran los técnicos y depositarios del conocimiento ancestral, por lo que escogían el momento preciso para capar y raspar.

Con la ayuda del ayocote, dos veces al día, recolectaban el aguamiel, raspaban el cajete (de *caxitl*, escudilla, oquedad para acumular aguamiel), y después se tapaba con piedras o pencas de maguey.

Con el propósito de producir aguamiel con higiene, es decir, libre de animales, basura y del aliento de los tlaquicheros, crearon, sin éxito, las tapas y bombas “tepa”. La producción de aguamiel podía ser bastante variable, tanto en la cantidad de litros a obtener como en la duración en meses, al igual que en el ciclo de vida de la planta; después se cortaban las pencas y desarraigaba el mezontete (de *tzolli*, cabeza; *tetl*, piedra, cosa dura) para emplearlos como forraje o combustible.

Las haciendas pulqueras incrementaron la productividad del cultivo del maguey y de otros cultivos comerciales y de autoconsumo, al introducir innovaciones tecnológicas: arados, hachas, azadones, barretas, raspadores, entre otras herramientas, así como el acero y otros materiales, animales para la labranza y transporte, carretas, estiércol de ganado para conservar la fertilidad del suelo e insumos externos para el control de plagas y enfermedades.

El desarrollo del transporte, con la introducción del ferrocarril, permitió llevar a los centros de consumo grandes cantidades de pulque en forma rápida y barata, a tal punto que se redujo 80% del costo del flete.

Por ejemplo, en 1858, a la Garita de Peralvillo llegaron 230,456 animales de carga (174,154 y 56,302 mulas y burros, respectivamente) con 35.6 millones de litros de pulque fino, y con el ferrocarril (Mexicano, Interoceánico, de Hidalgo y Nordeste) transportaron anualmente entre 250 a 400 millones de litros de 1896 a 1916.

La economía pulquera de las haciendas se consolidó con el surgimiento en 1909 de la Compañía Expendedora de Pulque S. C. L. para los siguientes propósitos: comercializar el pulque de las fincas de los socios propietarios, controlar el mayor número de expendios bajo su propiedad e impedir que otros lo hicieran, promover actividades para incrementar su consumo, cuidar su higiene y calidad, representar ante las autoridades competentes los intereses de sus socios y, por último, ejecutar operaciones, contratos y gestiones encaminadas al logro de dichos fines. Así, la Compañía inició sus actividades con 851 establecimientos en la capital y 138, en la provincia, conservando bajo su control más de 90% de las pulquerías localizadas en la capital. Además, al siguiente año, fundaron la Compañía Explotadora de Pulques Conservados “La Victoria, S. A.” para vender pulque embotellado en fondas y en casas particulares.

Sin embargo, la economía pulquera entró en crisis, como consecuencia de varios factores: el establecimiento del gobierno revolucionario, la pérdida parcial o total del producto debido a las frecuentes interrupciones del circuito ferroviario, la sobreproducción de pulque por el incremento sin control de la superficie cultivada con maguey, y la contracción del consumo al competir con la cerveza, el aguardiente de caña, a pesar de los estudios que justificaban que el pulque era medicinal, energético y embriagaba menos.



Entonces, algunos hacendados volvieron a producir aguardientes, mientras que otros intentaron industrializar los productos del maguey, de uso ancestral, para diversos fines: producción de papel a partir de las pencas, exportación de pulque embotellado, producción de miel de maguey como sustituto de azúcar, producción de medicamentos y otros productos. No obstante, los esfuerzos no fueron suficientes para reactivar la economía de las haciendas, dado el escaso o nulo desarrollo tecnológico para competir con la industria papelera, cervecera, azucarera y de medicamentos. Además, las utilidades del pulque se orientaron a invertir en la minería, bienes y raíces y en otras fuentes de ingresos, y quizás resultaba incierto financiar la industrialización del maguey, contrario a lo que ocurrió con el henequén, el mezcal y el tequila. Finalmente, al entrar en vigor las políticas agrarias, las haciendas pulqueras desaparecieron y se fragmentaron en áreas de cultivo de maguey para ser manejadas por el sistema de propiedad ejidal.

México contemporáneo

Durante la década de los cincuenta, los Llanos de Apan, que se distinguían por una economía basada en las actividades agropecuarias, relacionadas con la producción de maguey, maíz, cebada, frijol y otros cultivos, se transformaron para dar cabida a un desarrollo industrial con el establecimiento del Complejo Industrial Sahagún. Entonces, la población rural se incorpora al mercado laboral que demanda el desarrollo industrial y, a su vez, la actividad agropecuaria deja de tener importancia, como ocurrió con la economía pulquera; además, se modifica en uso de suelo para establecer un nuevo centro de población: Ciudad Sahagún, y el complejo automotriz DINA.

Bajo la presidencia de Miguel Alemán (1954) se crea la Comisión Nacional del Maguey, con el propósito de promover su industrialización. Sin embargo, es hasta 1960 cuando nace el Patronato del Maguey, con el objetivo de impulsar el aprovechamiento integral y racional de la planta mediante la industrialización, obteniendo productos derivados de la planta como miel medicinal, pastas alimenticias para ganado, levaduras de alta calidad, madera, acetatos, etcétera. Asimismo, se impulsó la comercialización de los subproductos, cuyo principal propósito era generar ingresos económicos para los campesinos, además de proteger los suelos de los efectos de la erosión con la intensificación y mejoramiento del cultivo del maguey.

Por lo anterior, en 1962, se creó la Planta Industrializadora de Pulque en Santa María Tecajete, en Zempoala, Hidalgo, dotándose de un tinacal con capacidad de 50 mil litros diarios, considerando lo siguiente: el establecimiento de un vivero experimental (12 ha) en la exhacienda Ixtafayuca (Nanacamilpa, Tlaxcala), la producción de shampoo, jabón en polvo de raíces (xi-xi), forraje para ganado y harina de pescado, además del desarrollo de la industria tradicional de ixtle, gusanos de maguey, aguamiel para atoles y pulque, y meyolote como dulce.

En 1963, en los Llanos de Apan se atiende una superficie de 300 mil ha donde la Universidad Nacional Autónoma de México, el Colegio de Postgraduados y la Secretaría de Salud Pública realizan investigación científica, y se establecen viveros de maguey con una superficie de 14 y 15 ha en Nanacamilpa (Tlaxcala) e Ixtapaluca (Estado de México), respectivamente. Se plantea la Construcción de Plantas Industrializadoras de Pulque en Axapusco e Ixtafayuca (Naucalpan, Tlaxcala) y una estación ferroviaria de recepción de pulque, capaz de producir 30 mil barriles diarios, cámara de refrigeración, lavado de barricas y control sanitario. Está documentado que, en 1976, las plantas producían pulque enlatado con cinco sabores: mango, guayaba, tuna roja, apio y coco.

El Patronato del Maguey se integró en 1977 a la Coordinación del Plan Nacional de Zonas Deprimidas y Grupos Marginados para continuar con el esfuerzo de modernizar e higienizar la industria del pulque. Tres años después, el Patronato del Maguey se convirtió en Promotora del Maguey y del Nopal, con la finalidad de continuar la industrialización para higienizar la bebida del pulque y, a la vez, fomentar la investigación para obtener del maguey y nopal otros productos distintos al pulque y la tuna. Diez años después, la Promotora desapareció para formar parte de la Comisión Nacional de Zonas Áridas, teniendo como propósitos investigar el aprovechamiento industrial de los productos del maguey: celulosa, papel, aglomerados y frutuosa, al igual que la reproducción *in vitro*, utilizando la técnica de reproducción celular, y también el aprovechamiento a escala industrial de la fibra, celulosa,

frutuosa procedente de la piña, acetona, butano, etanol, saponina, pectatos, insulina, plásticos, forrajes, etc.

A pesar de todos los intentos por intensificar e industrializar en forma integral el maguey del Altiplano, la superficie cultivable pasó de 100 a 30 mil hectáreas y, con ello, de 70 a 10 millones de plantas y, en consecuencia, las familias beneficiadas disminuyeron de 60 a 10 mil. Por tal razón, en el estado de Hidalgo se crea la Norma Técnica (NTE-SAGEH-001/2006) que legisla la protección, conservación y aprovechamiento sustentable, fomento, transporte y comercialización del maguey y sus derivados.

Actualmente, se han establecido políticas para rescatar las haciendas pulqueras y conservar la cultura del pulque, fomentando y difundiendo el turismo rural y el descanso fuera del bullicio de las ciudades.

En la actualidad, en Veracruz, junto con los campesinos de Tenex-tepec y otras localidades del municipio de Perote, investigadores del Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada de la Universidad Veracruzana, establecieron una parcela experimental-demostrativa para rescatar y conservar tres cultivares de maguey pulquero: manso, verde y tepezorra. Asimismo, se realiza investigación para producir biocombustible a partir de la biomasa del maguey. También, se gestionó y logró un Punto de Acuerdo de la Sexagésima Tercera Legislatura del Honorable Congreso, mismo que se encuentra publicado desde el 15 de septiembre de 2016 en la *Gaceta Oficial*, para exhortar al Poder Ejecutivo a impulsar un plan integral de rescate y proyección de la biodiversidad del maguey pulquero, y el programa Sembrando Vida está apoyando la siembra.

Referencias

- Aguirre, R. J. R., Charcas, S. H. & Flores, F. J. L. (2001). *El maguey mezcalero potosino*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Anónimo. (1988). El maguey: "árbol de las maravillas". *Museo Nacional de Culturas Populares. Gobierno del Estado de Hidalgo*.
- Goncalves de Lima, O. (1978). *El maguey y el pulque en los códices mexicanos*. Fondo de Cultura Económica.
- Macedo, E. M. (1950). *Manual del maguey*. El Semillero.
- Parsons, J. R. & Parsons, M. H. (1990). Maguey Utilization in Highland Central México: An Archaeological Ethnography. *Anthropological Papers*, 82.
- Payno, M. (1864). Memoria sobre el maguey mexicano y sus diversos productos. A. Boix.
- Ramírez Rancaño, M. (2012). *El rey del pulque: Ignacio Torres Adalid y la industria pulquera*. UNAM.
- Ramírez Rodríguez, R. (2004). El maguey y el pulque: memoria y tradición convertidas en historia 19884-1993. Tesis de licenciatura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Ruvalcaba Mercado, J. (1983). *El maguey manso: historia y presente de Epazoyuca, Hidalgo*. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Segura, J. C. (1901). *El maguey. Memoria sobre el cultivo y beneficio de sus productos*. Biblioteca del boletín de la Sociedad Agrícola Mexicana.

Brujas, fantasmas y vampiros

en los inicios de la
ciencia experimental

Viridiana Platas Benítez

¿La ciencia puede explicar la aparición de fantasmas, los efectos de la hechicería y la presencia de vampiros entre nosotros? La aparentemente ociosa distinción entre ciencia, pseudo-ciencia y charlatanería exhortó a los filósofos del siglo XX y XXI a debatir sobre los criterios de demarcación de la ciencia, por lo cual, de manera general, las respuestas se decantaron hacia el uso de métodos de investigación, el aval y transmisión del conocimiento dentro de las comunidades científicas y, principalmente, la actitud siempre crítica de la investigación.



Sin embargo, estos elementos y, particularmente, la idea que sostiene que el conocimiento científico se desarrolla a partir de hipótesis de trabajo sujetas a contrastarse empíricamente, la modelización de los fenómenos naturales, el uso de experimentos, es decir, la reproducción de eventos en condiciones controladas, son elementos de larga data y que se ubican en los inicios de la ciencia moderna.

La real sociedad para el avance del saber

Una de las comunidades científicas más antiguas conocidas es la inglesa *Real sociedad para el avance del saber*, fundada en 1660 por el Rey Carlos II, como uno de los actos de la Restauración, tras el protectorado calvinista de Oliver Cromwell. Según la relación de miembros de 1675, se pueden identificar nombres de distinguidos matemáticos y filósofos naturales¹ como Robert Boyle, Robert Hooke, Isaac Barrow, John Locke, G. Wilhelm Leibniz, Isaac Newton, Christian Huygens, así como los autores que inspiraron esta nota: Henry More y Joseph Glanvill.

Según Thomas Spratt —quien además de ser miembro fundador, escribió la historia de la Real Sociedad en 1667, solo unos años después de su formación—, la intención de esta comunidad de caballeros es el avance del saber para

¹ La filosofía natural o fisiología es la rama de la filosofía dedicada a la explicación de los fundamentos o constitutivos últimos de la naturaleza, las causas de sus efectos y la explicación de fenómenos concretos basándose en principios racionales y la contrastación empírica. La filosofía natural abarcaba temas de medicina, óptica, astronomía, meteorología, física, química, botánica, mineralogía y hasta etología de animales no humanos.



el beneficio de la humanidad. De este modo, se busca que entre sus miembros exista una apertura que supere nacionalidades, credos y profesiones, por lo que el punto focal se encuentra en la indagación y registro de los efectos naturales. A esto, se suma la intención instrumental del diseño y uso de aparatos de observación como el microscopio, y de instrumentos de experimentación como la bomba de vacío, los termómetros y las incipientes máquinas de cálculo.

Y es precisamente esta actitud de verificación de los fenómenos, lo que nos lleva a identificar la integración de elementos históricos y culturales en la aplicación del comúnmente conocido “método científico”.

En el caso de la Real Sociedad, uno de sus ejes rectores son las consecuencias morales que tiene la generación de conocimiento: si la ciencia no hace virtuoso al investigador y no tiene intenciones nobles, entonces no es ciencia.

Cabe explicar, que sí existe un aspecto teológico en la idea de virtud. El sabio es bueno en conformidad con la idea de un Ser Superior y trascendente, que es el Bien en sí mismo y que dotó de orden y regularidad al mundo. La premisa teológica abre la puerta al supuesto de que el científico no solo cree en la existencia de Dios y en la Bondad divina, sino que cree que los hombres poseen alma inmortal, por lo que sus intenciones y acciones deben de dirigirse hacia la conservación de la rectitud moral.

Metafísica, ciencia experimental y eventos sobrenaturales

Por las razones anteriores, un lector desprevenido puede juzgar como extravagante a la obra filosófica y científica de Henry More (1614-1687). El teólogo y profesor del Colegio de Cristo de la Universidad de Cambridge, gozó de buena reputación y su obra fue respetada en los ambientes académicos; entre los años 1648 y 1649 sostuvo una interesante correspondencia con René Descartes, en la cual More objetó la idea cartesiana que identificaba espacio y materia, defendiendo una visión que sentó la bases para la idea de espacio absoluto de Isaac Newton.

Pero debe destacarse que lo que fundamenta la idea del espacio es la noción de espíritu: el mundo si bien es dual (tiene cuerpos y tiene almas, como en el caso de los humanos), los espíritus tienen cierto tipo de “corporalidad”. Para More, los espíritus también tienen dimensiones geométricas, lo que les permite ubicarse en el espacio. Esta idea, que explica eventos físicos como la transmisión

de la fuerza y el movimiento, también da cuenta de por qué en el folclor se encuentran relatos sobre brujas, pactos con espíritus y demonios, apariciones de fantasmas y entidades hemofágicas (More no los denomina “vampiros”, pues el término es posterior).

Henry More, a quien apodaban el “Ángel del colegio de Cristo”, por su aparente temperamento a la introspección, recogimiento espiritual y hasta cierta actitud mística, dedica una parte de su obra a recuperar los relatos del pasado sobre este tipo de apariciones en Inglaterra y en algunos lugares de Europa; además, escribe una carta que se incluyó en “Saducismus Triumphatus o una completa y clara explicación de la existencia de brujas y apariciones”, de Joseph Glanvill —un brillante profesor oxoniense, autor de uno de los primeros textos sobre metodología científica “Scepsis scientifica” —, una edición póstuma de su obra “El demonio de Tedworth”, en la cual, no solo se agregan más relatos sobre eventos sobrenaturales; también indica la utilidad del conocimiento de estos:

La evidencia fáctica de la existencia del alma que contradice a los materialistas y ateos.

Es interesante el ejercicio de investigación realizado por H. More y J. Glanvill al respecto de las apariciones sobrenaturales. En el caso del demonio de Tedworth, al parecer, un caso famoso en los reinos de Inglaterra, Escocia e Irlanda, y que narraba la actividad de una entidad que acosaba la casa del Sr. Momperthon, lugar que Glanvill visitó, inspeccionó y logró comprobar la falsedad del evento, que incluía la confesión del propio Momperthon sobre el engaño.

Por su parte, los numerosos relatos recabados por More también analizan las condiciones “psicológicas” de los testigos, es decir, Henry More creía que los humores del cuerpo exacerbaban a la imaginación, lo cual se manifestaba en episodios de melancolía, en los que los individuos percibían cosas que probablemente no existían, o en otros casos, se sentían invadidos por algún tipo de presencia sobrenatural.



Así, se puede observar cierta reserva escéptica con respecto a lo relatado; por ejemplo, Henry More cuenta el testimonio dado el 11 de abril de 1646 por John Winnick de Molseworth en Huntingtonshire, quien declaró haber hecho un pacto con tres espíritus con forma de animales (un oso pequeño, un conejo y un gato blanco) por siete chelines y cuyo pago sería que los espíritus le succionaran la sangre todos los días; al momento del testimonio, Winnick declaró que ya habían pasado 29 años y que los espíritus aparecían diariamente de día o primordialmente de noche.

More considera que dado que las apariciones de estos espíritus se efectuaban de manera nocturna, eran claramente producto de engaños y fantasías melancólicas.

Sin embargo, esta actitud escéptica se suaviza ante los testimonios sobre los efectos dañinos de la hechicería, como las historias de gente que vomitaba clavos o trozos de madera; casos de personas aquejadas por algún dolor punzante de manera imprevista y que, al ser examinados por el cirujano, este extraía cuchillos enteros, piezas de metal o de madera con clavos alojados debajo de la piel. Los relatos sobre los procesos y juicios sobre brujas como el de Anne Bodenham en Salisbury en 1653, muestran según la consideración del teólogo inglés, que ni esta, ni los testigos fueron afectados mentalmente por algún tipo de melancolía: la existencia de los pactos diabólicos es indudable.

Uno de los casos más famosos recuperados por More tanto en su “Antídoto contra el ateísmo”, como también en su obra, “La inmortalidad del alma”, es el del zapatero de Breslavia, un suicida, cuya esposa ocultó la causa de muerte a la gente del pueblo para evitar el rechazo social, además de poder ser enterrado en camposanto. Sin embargo, meses después, los vecinos comenzaron a atestiguar la presencia del zapatero caminando por el cementerio durante el día; por las noches, la aparición aterrizaba a los vecinos del pueblo a veces, simplemente situándose al pie de la cama, y otras, violentando con golpes e intentos de asfixia a sus víctimas.

Tras el horror de la presencia del espectro en el pueblo, y siendo la viuda acosada también, se tomó la determinación de exhumar el cadáver, que tenía apariencia de estar dormido, y que tenía una marca en forma de rosa en el pie —probablemente, marca diabólica—, y cuyos miembros carecían de *rigor mortis*, por lo que se desmembró, se le sacó el corazón —que estaba fresco— y el cuerpo cremado. La sirvienta que atendía al zapatero, falleció al poco tiempo de estos acontecimientos. Su espectro también persiguió a los vecinos y hasta atacó a un bebé en su cuna: el pueblo le clavó una estaca y quemó el cadáver.²

También se recupera un caso similar en otro pueblo de Silesia, Pentsch: Johannes Cuntius, quien se cree que hizo pacto con el diablo antes de morir, fue un espectro que atacaba a los pobladores del lugar y en especial atacaba a las mujeres; por ello, narra More que la resolución de exhumar, clavar estacas y quemar cadáveres se convirtió en norma en ciertos pueblos, pues “por lo tanto, este mal se evitó mediante una ley que establecía que si alguna mujer era infestada de este modo, el cuerpo de su marido debía ser quemado y su corazón atravesado por una estaca” (More, 1987, p. 173).

Henry More explica que el carácter denso del aire en ciertas regiones y lugares —como los cementerios— es una condición propicia para que los espíritus inmateriales, adquieran un cuerpo aéreo. No obstante, y pese al carácter sombrío del material documental recuperado por More, las apariciones fantasmales no son negativas del todo.

Siguiendo los “Anales Eclesiásticos” de Cesare Baronio de 1624, se recupera la historia del filósofo platonista italiano Marsilio Ficino, quien tras una acalorada discusión sobre la inmortalidad del alma con su amigo Michele Mercatus, hicieron un voto de honor de que el primero que muriera, le daría cuenta al otro de la verdad de esta idea. Una mañana, Michele escuchó cascos de caballo y distinguió la voz de su amigo, se asomó por la ventana y vio a Ficino montado en un caballo blanco y exclamando “¡Oh Michele, Michele, esas son verdades verdaderas!”.

Ante el asombro y la repentina desaparición de su amigo, Michele fue informado que Marsilio acababa de morir, y que su fallecimiento ocurrió a la misma hora en la cual, lo había visto.



² En https://www.arries.es/la_cripta/casos/zapatero_de_silesia.html Javier Arries traduce el pasaje de “Antidothe against atheism” sobre el zapatero de Breslavia y da una introducción de las fuentes de More al respecto.

El método experimental y la confianza en el espíritu

¿Cuál es la intención de los teólogos en recuperar estas historias?, ¿Es acaso un sesgo doctrinal el que fundamenta esta idea de la co-existencia de lo natural y lo sobrenatural?, ¿Tiene acaso el sentido moralizante de la lucha entre el bien y el mal? Si bien, al ser un teólogo anglicano, Henry More comulgó con el cristianismo, el sentido de compilación de todas estas historias, tiene más relación con las implicaciones éticas de la investigación científica.

Es claro que su idea de conocimiento está fundada en profundos principios especulativos como la definición del espíritu, la visión geométrica de la materia y el carácter independiente del espacio, pero su intención es considerar las consecuencias que tiene el conocimiento de la naturaleza en nuestra idea de los seres humanos y su relación con otros seres vivos.

De entrada, lo que está a la base de la tentación de pactar con entidades malignas es la inmortalidad, y especialmente el carácter libre del alma humana. Y los datos documentales son producto, de alguna manera, de evidencia experimental, en especial, por la naturaleza de los registros de los testimonios de las brujas, en tanto que participaban juristas, jueces, médicos y clérigos.

A More le interesaba, desde su juventud, superar el esquema puramente mecanicista del mundo y entender qué es lo que le da origen a sus operaciones,

por lo que el “Ángel del Colegio de Cristo” se decanta por un vitalismo, que incluye la presencia del espíritu como fuente de la vida de la naturaleza entera. Por ejemplo, en el caso de los animales, More rechaza la idea de que son autómatas o máquinas naturales sin alma, y hasta defiende su capacidad de mostrar cierta inteligencia, amor y lealtad. En el caso de las almas humanas, es importante sostener que estas tienen además la capacidad de decidir por sí mismas, es decir, su voluntad no se reduce a las leyes de la física.

Pero, todo esto únicamente puede saberse con certeza bajo la guía de la investigación científica, que se hace bajo reglas y en comunidad, lo cual la distingue muy claramente de la ciega creencia o el carisma de los fanatismos religiosos.

De esta manera, la indagación de las causas y efectos naturales, bajo el ejercicio de la razón es útil para el registro del saber, su aplicación técnica y, especialmente, lo es para efectos prácticos de la vida cotidiana... así, ya lo pensaremos dos veces antes de hacer cualquier convenio por unos cuantos chelines.

Referencias

- Glanvill, J. (1689). *Saducismus Triumphatus: Or, a Full and Plain Evidence Concerning Witches and Apparitions. In two parts. The first treating of their possibility, The second of their real existence.* J. Collins.
- Hall, (R.). (1990). *Henry More. Magic, religion and experiment.* Basil Blackwell.
- More, H. (1997). *An antidote against atheism, or an appeal to the naturall faculties of the minde of man.* G. A. J. Rogers (int.). Thoemmes Press.
- More, H. (1987). *The immortality of the soul.* A. Jacob (ed.). Martinus Nijhoff Publishers.
- Spratt, T. (1667). *The history of Royal Society of London for the improving of knowledge.* London, Printed by T.R. for J. Martyn at the Bell without Temple-Bar, and J. Allestry at the Rose and Crown in Duck-Lane, Printers to the Royal Society.



Árboles de lapacho: nuevo capítulo en el desarrollo de fármacos

Mario Antonio Vera Guzmán y Manuel Eusebio Medina López

Introducción

Desde los inicios de la humanidad, nuestra relación con las plantas ha sido cercana y esencial. Es difícil imaginar el desarrollo de la sociedad actual sin el aporte de las plantas, de todos los productos que de ellas se derivan y de los vegetales, siempre presentes en nuestra vida diaria. A partir de la etapa en la que recolectores, probando diferentes frutos, hasta la transición a la agricultura, cuando comenzamos a seleccionar las mejores especies para cultivarlas y potenciar sus beneficios, las plantas han sido fundamentales. En la actualidad, su uso industrializado ha revolucionado la producción de alimentos, principalmente mediante la modificación de características organolépticas para dotarlas de propiedades especiales. Gracias a los avances en genética, ahora es posible obtener cultivos con mayores rendimientos, resistentes a plagas y enfermedades. Por otro lado, la edición genética ha permitido la fabricación en masa de medicamentos como la insulina, derivada de bacterias transgénicas. Lo anterior en beneficio, tanto de la producción como de la salud.

También nos proporciona compuestos bioactivos que ayudan a enfrentar grandes problemas globales, especialmente en el ámbito de la salud. Muestra de ello es un compuesto químico llamado *artemisinina*, aislada de la planta *Artemisia annua*, que mostró actividad contra el paludismo. Una investigadora de origen chino, de nombre Tu Youyou, llevó a cabo estudios que permitieron considerar dicho compuesto como el tratamiento estándar

contra el paludismo a nivel mundial, motivo por el cual fue galardonada con el premio Nobel, en 2015.

Hoy en día, la relación entre las plantas y los seres humanos no se limita a garantizar nuestra alimentación.

Ahora bien, el protagonista principal del presente artículo es el lapacho rosado, una planta poco conocida que, desde el sur de América, está siendo estudiada, debido a su potencial utilidad en el combate contra enfermedades ampliamente distribuidas, como el cáncer y la diabetes. Se ha visto que las enfermedades crónicas y degenerativas son responsables de millones de muertes cada año, a lo largo y ancho de nuestro planeta. Basta con realizar una búsqueda rápida para comprobar las alarmantes cifras de nuevos casos y fallecimientos, especialmente de cáncer. La búsqueda de tratamientos alternativos nos lleva a redescubrir a nuestros antiguos aliados: las plantas y la medicina tradicional, medios que podrían convertirse en una fuente de solución para enfrentar los retos de salud más urgentes de nuestra época.

El presente texto se centra en el árbol lapacho rosado, las aportaciones que ha brindado a la investigación médica y las perspectivas que nos puede ofrecer.

Del bosque al laboratorio: una nueva esperanza

El lapacho rosado (*Tabebuia avellandae*) es un árbol comúnmente ubicado en los bosques de Brasil, aunque su presencia se ha extendido a lo largo del continente americano, llegando incluso hasta el sur de México, en donde es conocido como maculís o guayacán (dependiendo de la variedad). Este árbol forma parte de la medicina tradicional de diversos pueblos de América del Sur, siendo su corteza de especial interés para el tratamiento de enfermedades como la diabetes o la anemia. En la medicina tradicional, la corteza suele consumirse en infusiones, semejantes a un té, con la finalidad de combatir dolores o padecimientos estomacales. En este sentido, también se ha apreciado su uso y consumo en infusiones, preparadas con otras secciones del árbol.

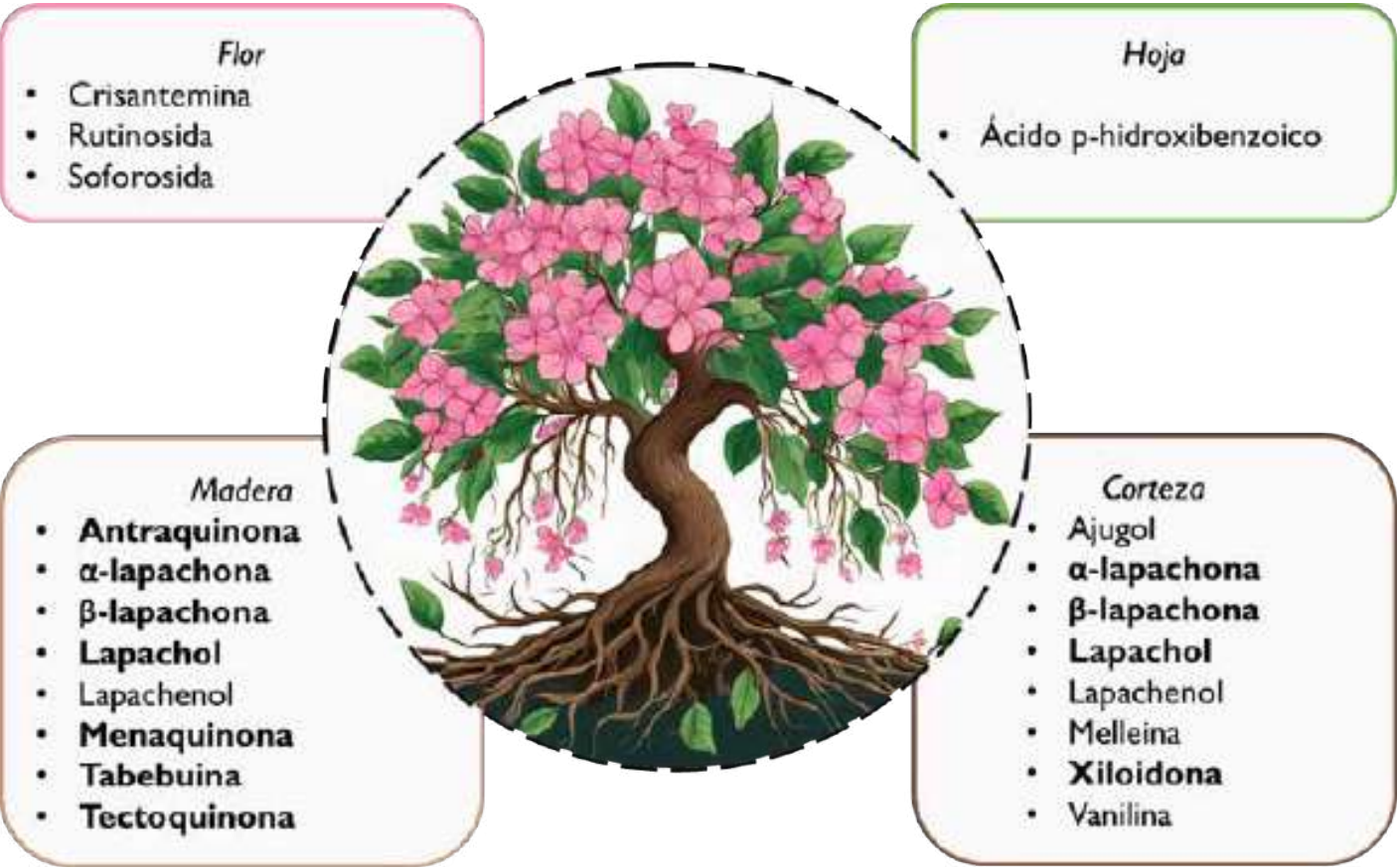


Figura 1. Compuestos activos encontrados en los diferentes extractos del lapacho rosado. En negro se resaltan los más estudiados. La imagen generada con OpenArtAI. Texto adaptado de Hamed, A. N. E., Mahmoud, B. K., Samy, M. N. & Kamel, M. S. (2020). An extensive review on genus “Tabebuia”, family bignoniaceae: Phytochemistry and biological activities (1967 to 2018). *Journal of Herbal Medicine*, 24, 100410.

En la actualidad, existen estudios de laboratorio del lapacho rosado que han revelado la presencia de diversos compuestos con potencial para combatir distintos males; sus propiedades se han encontrado no solo en la corteza, sino también en las flores y en la madera. En la Figura 1, se enlistan los compuestos que han sido estudiados y la parte de la planta de donde han sido extraídos.

Considerando la extensa cantidad de evaluaciones en laboratorio a las que se han sometido los diferentes extractos del lapacho, se ha identificado una gran cantidad de compuestos con diversas actividades biológicas y características químicas. Destacan las distintas lapachonas (alfa y beta, principalmente) y el lapachol (incluidas sus variantes estructurales), comunes variedades de este árbol.

Dentro del lapacho: el contraataque de los metabolitos

A partir del árbol de lapacho se ha aislado gran cantidad de compuestos químicos con diversidad de actividades biológicas; sin duda, los que más llaman la atención de los investigadores son la α -lapachona, β -lapachona y el lapachol, compuestos cuyos nombres reflejan su origen directo del árbol.

Estos, han sido ampliamente estudiados, ya que han demostrado, de manera individual, beneficios para la salud. En la Figura 2, se muestra la estructura química de los “lapacompuestos”.

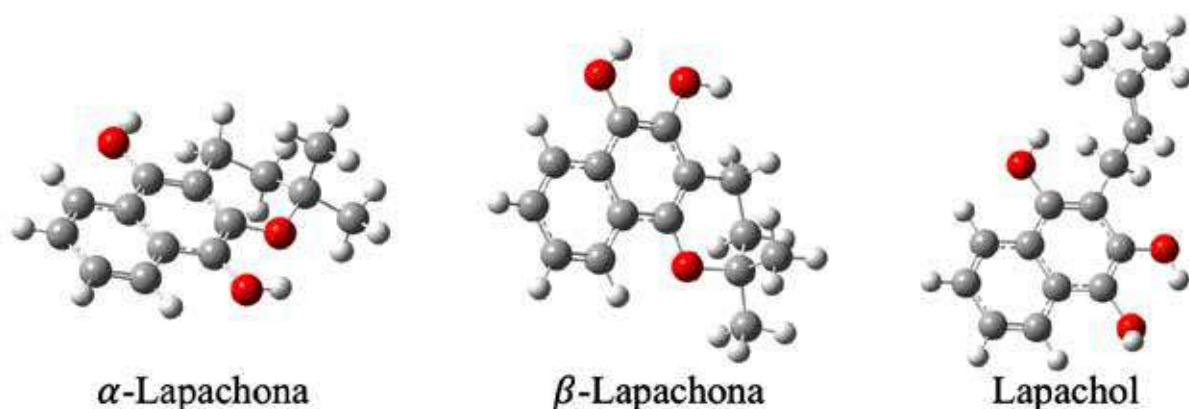


Figura 2. Lapachonas aisladas del árbol *Tabebuia avellanae* (gris=carbono, blanco=hidrógeno, rojo=oxígeno). Imágenes elaboradas por el autor.

Las tres lapachonas comparten una estructura química fundamental basada en anillos de seis carbonos unidos (representados en la Figura 2 como esferas grises), con átomos de oxígeno estratégicamente posicionados (representados en forma de esferas rojas). Es importante señalar que cuando los átomos de oxígeno se sitúan en posiciones contiguas, como en la β -lapachona, se dice que se encuentran con una relación *orto*, mientras que en la α -lapachona y el lapachol, donde los oxígenos están más separados, se conoce como una relación *para*. Estas diferencias estructurales, aunque son sutiles desde una perspectiva molecular, resultan cruciales para dictar su actividad biológica, observada a través de ensayos experimentales en los organismos vivos.

Más allá de la química, el impacto de las diferencias mencionadas en los compuestos aislados del lapacho y su relación con la actividad biológica ha despertado el interés, tanto de la comunidad científica como de la industria farmacéutica.

Aunque las lapachonas pueden encontrarse juntas en una infusión herbal o estudiarse individualmente en el laboratorio, en realidad su potencial terapéutico depende de cómo interactúan con el organismo. Algunos estudios científicos han demostrado que estos compuestos poseen una notable “actividad prooxidante”, lo que significa que pueden inducir el estrés oxidativo en el organismo, dañando a las moléculas fundamentales de la célula, como las proteínas o el ADN; estos daños podrían ocasionar la pérdida parcial de la actividad celular o incluso su muerte.

Uno de los mecanismos más estudiados ocurre cuando la β -lapachona entra en contacto con la enzima NAD(P)H quinona oxidoreductasa 1, conocida como NQO1, que es una enzima clave del metabolismo celular. La interacción desencadena una serie de reacciones químicas en las que la lapachona sufre una reacción de reducción y adquiere nuevos átomos de hidrógeno; posteriormente, en una reacción de oxidación perderá, de forma drástica, los nuevos átomos de hidrógeno; de este modo, inducirá el estrés oxidativo y, como consecuencia, provocará daño celular sobre las moléculas biológicas importantes, hasta que finalmente se afectarán las funciones celulares y podrían causar su muerte. La Figura 3 esquematiza el proceso. Así, estas especies reactivas pueden actuar como una espada de doble filo: en concentraciones moderadas, activan mecanismos de protección en las células, como cuando una bacteria entra en el sistema; sin embargo, en niveles elevados, pueden llevar a la muerte celular, un efecto que podría aprovecharse para el tratamiento de enfermedades como el cáncer.



Figura 3. Esquema del proceso de transformación de la lapachona por medio de la NQO1. Imagen elaborada por el autor.

El estudio de las lapachonas no solo permite comprender sus actividades a través del estudio de su mecanismo de acción; también abre la puerta al diseño de nuevas estrategias terapéuticas. A medida que avanza la investigación, dichas moléculas continúan revelando su potencial en la medicina, desafiando los límites de la química y la biología con su particular “danza molecular”.

Beneficios a la salud: el retorno (de las ventajas y desventajas) de la β -Lapachona

Quizá el miembro más valioso de todo el grupo de metabolitos conocidos del lapacho es la β -lapachona. No es ningún secreto el interés que genera este compuesto químico, solo basta revisar los trabajos experimentales reportados para encontrar que se han estudiado varias de sus propiedades, entre las que se encuentran las siguientes: antitumoral, relacionada directamente con su actividad prooxidante derivada de la presencia de la enzima NQO; antiviral, probado contra algunos alpharetrovirus, los cuales son responsables de la leucemia en aves y roedores; antiparasitario, al reducir la viabilidad del *tripanosoma cruzi*, responsable del mal de Chagas; antimicrobiano, puesto que varios estudios lo relacionan como agente inhibidor del crecimiento de diversas bacterias y hongos; antiinflamatorio, al reducir la expresión de mediadores proinflamatorios; antiobesidad, observado en reportes experimentales llevados a cabo en ratones de laboratorio. Sumado a las capacidades mencionadas, existen reportes de que este compuesto también puede actuar como antioxidante, neuroprotector y hasta cicatrizante.

Si bien la β -lapachona ha despertado un gran interés por su potencial terapéutico, su aplicación no está exenta de desafíos. A pesar de sus múltiples efectos positivos, se han identificado ciertas limitaciones que dificultan su uso en pruebas clínicas. En estudios con humanos, se ha observado que puede inducir anemia y presentar riesgos durante el embarazo, lo que restringe su aplicación en determinados grupos de pacientes. Además, su baja solubilidad en agua representa un obstáculo significativo, ya que dificulta su absorción en el organismo y, por lo tanto, su efectividad como fármaco. Para superar estas barreras, la comunidad científica ha explorado diversas estrategias, una de las más prometedoras consiste en la modificación de su estructura química, a fin de optimizar la interacción con las células y disminuir los efectos secundarios de la β -lapachona, de manera que su uso sea más seguro para los seres humanos. Por otro lado, se ha investigado su incorporación en sistemas de nanoencapsulación, una técnica innovadora que permite “proteger” a la lapachona y, de esta forma, aumentar su disponibilidad a nivel celular, además, el uso de esta técnica mejora su efecto terapéutico y facilita su transporte.

Aunado a las aproximaciones experimentales descritas, los estudios de química teórica han resultado fundamentales para descifrar el mecanismo molecular que explica la actividad biológica del compuesto químico en mención. Con el empleo de herramientas computacionales avanzadas, como la dinámica molecular y el *docking*, los investigadores han logrado modelar con precisión la interac-

ción de las lapachonas con distintas enzimas y proteínas. Esta información amplía nuestros conocimientos sobre su comportamiento a nivel celular, al mismo tiempo que permite diseñar nuevas variantes en compuestos químicos con propiedades específicas con el objetivo de incrementar su actividad, disminuir los efectos secundarios y, de esta manera, mejorar sus propiedades farmacológicas.

El camino hacia la aplicación clínica de los compuestos derivados del lapacho aún enfrenta retos, pero cada hallazgo acerca más la posibilidad de convertir a las lapachonas en agentes terapéuticos efectivos. A medida que la investigación avanza, su potencial sigue expandiéndose, demostrando que, con la combinación adecuada de química, biotecnología y modelado computacional, es posible vencer sus limitaciones y transformarlas en oportunidades para la medicina del futuro.

Conclusiones

El lapacho rosado es una fuente rica de diversos compuestos químicos bioactivos que han mostrado efectos positivos en el organismo, por lo que han sido evaluados a través de múltiples estudios de extractos, obtenidos a partir de la flor, de la madera y de la corteza del árbol. Actualmente, han sido descubiertas sus propiedades terapéuticas, despertando un creciente interés científico. Entre las moléculas del lapacho rosado, las más destacadas son las lapachonas, reconocidas por su significativa capacidad prooxidante, vinculada a propiedades benéficas, ya que pueden desencadenar respuestas celulares que contribuyen a la protección o regeneración del organismo frente a diversas patologías. Las plantas, como el lapacho rosado, seguirán desempeñando un papel esencial en la vida del ser humano, tanto como fuentes de alimento, como de materiales y como reservas invaluable de compuestos con gran potencial terapéutico. A pesar de los avances, aún queda un extenso camino por recorrer para conocer todas sus propiedades, la identificación de sus compuestos químicos específicos, el análisis de sus mecanismos de acción y la comprensión de cómo interactúan con sistemas biológicos complejos.

Para que todas sus aplicaciones puedan materializarse, es crucial avanzar en investigaciones rigurosas que respalden la seguridad, eficacia y viabilidad de estos compuestos en tratamientos clínicos. Sin duda, el lapacho rosado simboliza un vasto potencial de la naturaleza, aún en proceso de descubrir y de gran importancia para desarrollar estrategias innovadoras a favor de nuestra salud.



Figura 4. Árbol de lapacho rosado. Imagen generada con Adobe Firefly.

Referencias

- Gomes, C. L., De Albuquerque Wanderley Sales, V., Gomes de Melo, C., Ferreira da Silva, R. M., Vicente Nishimura, R. H., Rolim, L. A. & Rolim Neto, P. J. (2021). Beta-lapachone: Natural occurrence, physicochemical properties, biological activities, toxicity and synthesis. *Phytochemistry*, 186, 112713. <https://doi.org/10.1016/J.PHYTOCHEM.2021.112713>
- Gong, Q., Hu, J., Wang, P., Li, X. & Zhang, X. (2021). A comprehensive review on β -lapachone: Mechanisms, structural modifications, and therapeutic potentials. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 210, 112962. <https://doi.org/10.1016/J.EJMECH.2020.112962>
- Hamed, A. N. E., Mahmoud, B. K., Samy, M. N. & Kamel, M. S. (2020). An extensive review on genus “Tabebuia”, family bignoniaceae: Phytochemistry and biological activities (1967 to 2018). *Journal of Herbal Medicine*, 24, 100410. <https://doi.org/10.1016/J.HERMED.2020.100410>
- Périco, L. L., Rodrigues, V. P., Fernando, L., Almeida, R. De & Fortuna Perez, A. P. (2018). Medicinal and Aromatic Plants of South America. En U. P. Albuquerque, U. Patil & Á. Máthé (eds.), *Medicinal and Aromatic Plants of the World*. <https://doi.org/10.1007/978-94-024-1552-0>.
- Tang, W., Liu, J. R., Wang, Q., Zheng, Y. L., Zhou, X. Y., Xie, L., Dai, F., Zhang, S. & Zhou, B. (2024). Developing a novel benzothiazole-based red-emitting probe for intravital imaging of superoxide anion. *Talanta*, 268, 125297. <https://doi.org/10.1016/J.TALANTA.2023.125297>

Teoría de grafos y algunas aplicaciones: matemática útil en la vida diaria

José Sergio Durand Niconoff, Myrna Hernández Matus y Sergio Francisco Juárez Cerrillo

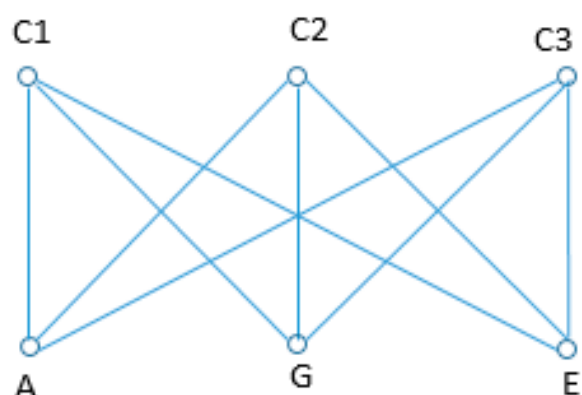
Hace algunos años, cuando era estudiante de licenciatura, al revisar la lista de materias optativas, con el propósito de elegir cuáles cursar en el siguiente semestre, noté algo que despertó mi curiosidad: el nombre de una de una, era para estudiantes avanzados de la licenciatura en Física y Matemáticas, llamada Teoría de gráficas. Todos los compañeros nos miramos y preguntamos: “¿Vamos a cursar nuevamente geometría analítica?”, “¿Tú sabes de qué trata la teoría de gráficas?”.

En términos sencillos, se puede decir que la teoría de gráficas es el estudio de diagramas que consisten de puntos y líneas que unen a algunos pares de esos puntos (aristas). A estos diagramas, formados por puntos y aristas, que cumplen ciertas propiedades se les llama gráficas.

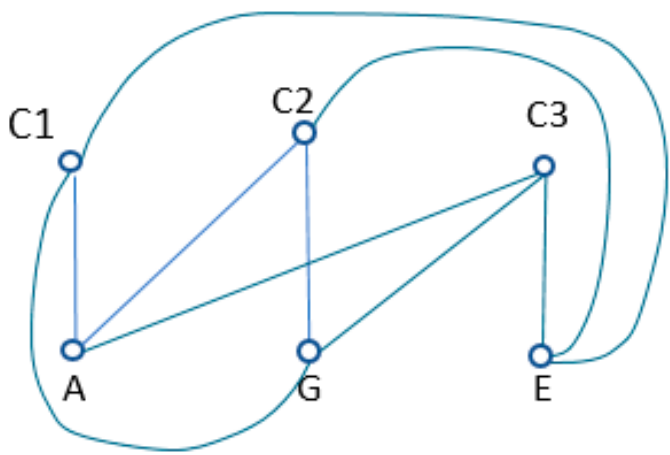
Muchas situaciones de la vida cotidiana pueden ser descritas por este tipo de diagramas; estos suelen aparecer en la ingeniería, en las ciencias naturales, biológicas y sociales. Veamos tres ejemplos.

1. La planaridad de una gráfica

Un problema de servicios. Se tienen tres casas, C1, C2 y C3, cada una conectada mediante conductos a una de las tres estaciones de servicios: abastecimiento de agua (A), gas (G) y electricidad (E). Estas se presentan en la Figura 1. ¿Es posible realizar tales conexiones sin que haya un cruce de los conductos?



a)



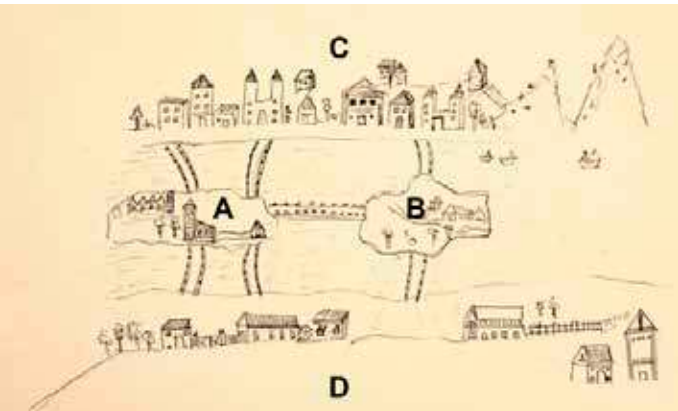
b)

Figura 1. a) Grafo representando el esquema de la situación de abastecimiento, los conductos se muestran como lados y las casas y centros de abastecimiento como puntos o vértices. b) Gráfica del abastecimiento en un intento de realizar las conexiones sin que haya un cruce de los conductos. Después de muchos intentos pareciera que siempre hay por lo menos un cruce.

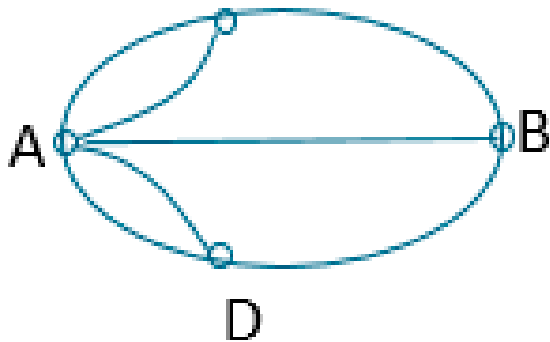
2. Un poco de historia. El problema de los puentes de Königsberg

La antigua ciudad alemana de Königsberg, que actualmente es la ciudad rusa llamada Kaliningrado, se encuentra a orillas del río Pregolia (Pregel) y sobre dos islas, que llamaremos A y B. Las islas están conectadas por un puente y se conectan con las orillas C y D mediante otros seis puentes más. Los pobladores de aquella época se plantearon el siguiente problema (Figura 2):

¿Es posible realizar un recorrido que comience y finalice en la orilla C, cruzando cada uno de los siete puentes solo una vez?



a)



b)



c)

Imagen de Leonhard Paul Euler

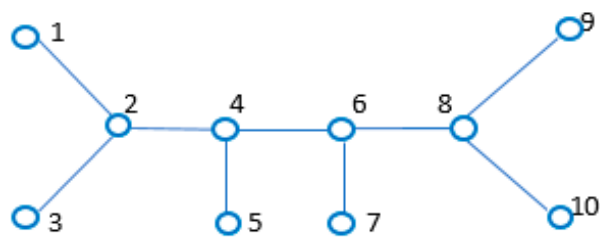
Figura 2. a) Esquema de la disposición de los puentes de Königsberg en el siglo XVIII. b) Representación mediante una gráfica, hecha por Leonhard Euler (imagen c), de la disposición de los siete puentes: cada punto con su letra indica la tierra firme de la ciudad y las líneas, rectas y curvas, representan los puentes (tomada de: <https://iif.wellcomecollection.org/image/V0001800/full/full/o/default.jpg>).

3. Un ejemplo en química

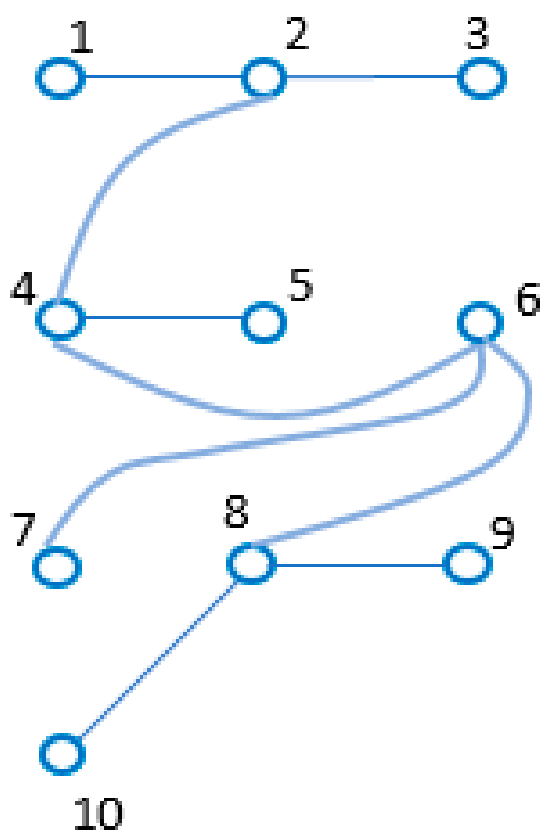
Una molécula representada por su fórmula estructural, $H_2C=CH-CH=CH_2$ compuesta de diez átomos y para cada pareja de átomos distintos en la molécula habrá pares de átomos que estén enlazados, mediante un enlace covalente. Si se representa cada átomo por un pequeño círculo y dibujamos una línea entre dos círculos que correspondan a átomos ligados químicamente, se podrá representar la fórmula estructural mediante un diagrama de puntos (círculos) y líneas (ver Figura 3). ¿Es posible obtener información de este diagrama de puntos y líneas que permita predecir o explicar alguna propiedad o actividad relevante de esta molécula? Por ejemplo, ¿tendrá propiedades anticancerígenas, antioxidantes, antiinflamatorias, etcétera?



a)



b)



c)

Figura 3. a) Fórmula estructural de un compuesto químico, b) y c) dos gráficas «isomorfas» que representan a la misma molécula. Reciben ese nombre porque muestran el mismo patrón de conectividad entre sus puntos, aunque los lados de las figuras b) y c) son distintos.

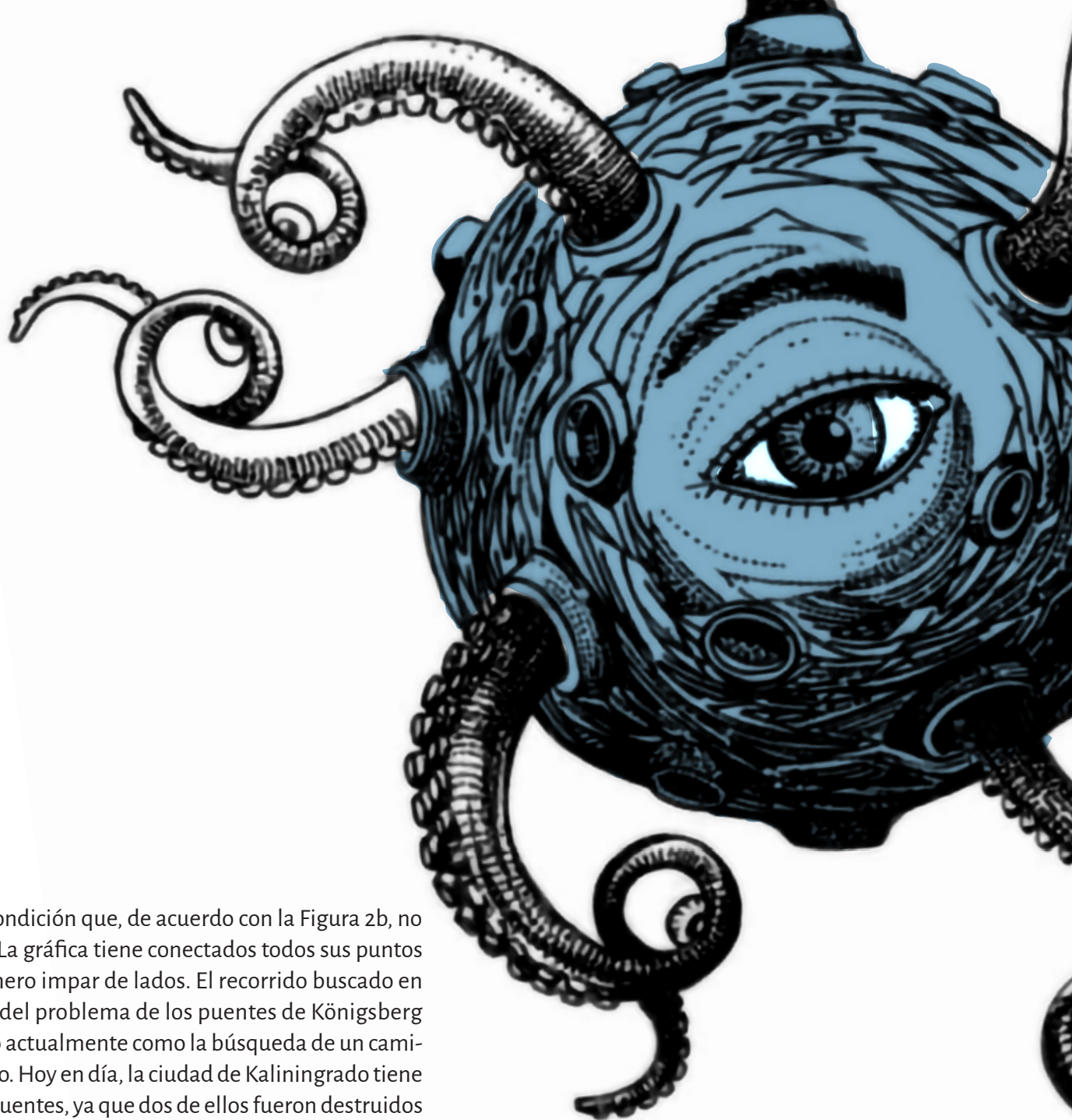
En los ejemplos anteriores se notará que el fenómeno o situación queda representado mediante un diagrama de puntos y líneas. Estos diagramas son conocidos como grafos o gráficas. Se debe evitar confundirlos con las gráficas que estudia la geometría analítica; no son lo mismo, aunque tienen el mismo nombre. Las gráficas que aparecen en geometría analítica son conjuntos de puntos del plano o del espacio cuyas coordenadas satisfacen una ecuación en el plano o en el espacio, respectivamente. Las gráficas o grafos que se comentan en este trabajo se refieren simplemente a puntos y líneas que unen a algunas parejas de ellos, es decir, no importa el tamaño ni la forma de esas líneas. Lo relevante es la conectividad: qué punto está conectado con cuál otro.

El estudio y solución de los problemas que este tipo de situaciones plantean dio lugar al nacimiento de lo que ahora se conoce en matemáticas como *Teoría de gráficas* o *Teoría de grafos*. Se considera que el matemático suizo Leonhard Euler, al dar respuesta al problema planteado en el ejemplo 2, con su publicación en 1736, aportó el germen de esta área de las matemáticas. Aunque debe mencionarse también como parte de este, los trabajos de Gustav Kirchhoff en el estudio de los circuitos eléctricos y a Arthur Cayley, con el estudio de la estructura química de los compuestos.

¿Mediante resultados de la teoría de grafos es posible, más allá del ensayo y error, resolver el problema planteado en el ejemplo 1?

En el caso de la Figura 1, la respuesta es *no*. Este tipo de planteamiento sobre “planaridad” de una gráfica, es decir, ¿una gráfica puede ser dibujada en el plano sin que ninguno de sus lados se intersecte, excepto en los puntos que la forman?, junto con su respuesta, tiene aplicaciones, por ejemplo, en el diseño arquitectónico o de la ingeniería civil. Con la interpretación adecuada de la gráfica, se pueden resolver problemas que van desde la disposición del mobiliario en una oficina hasta el mejoramiento de la vialidad en una ciudad. En el diseño y fabricación de circuitos eléctricos, es muy importante que las conexiones entre puntos tengan una representación planar, de otra forma la intersección de lados produciría un cortocircuito.

El ejemplo 2 se ubica en lo que se conoce como problemas de recorrido en una gráfica, de tal manera que este problema del paseo por los puentes está planteado para terminar en el mismo punto de partida. Ahora bien, después de muchos intentos de recorrido de acuerdo con la regla del paseo por los puentes de Königsberg se estará tentado a responder que *no es posible*. Tomando en cuenta la distribución de los puntos A a D, mostrada en la Figura 2a, se muestra el problema de los puentes mediante una gráfica, de acuerdo con el planteamiento de Euler, en la Figura 2b. Así, con los puntos se representan lugares de tierra firme en la ciudad y con las líneas, los siete puentes; Euler demostró que esta gráfica no puede recorrerse por completo siguiendo una trayectoria que inicie en un punto y termine en el mismo, no importa en qué punto se empiece, esto es, resulta imposible recorrer toda la gráfica regresando al punto de partida sin reencontrar las huellas del paseante. Un recorrido tal debería llegar a cada punto tantas veces como sale de él; por lo tanto, es necesario que en cada punto haya un número par



de lados. Condición que, de acuerdo con la Figura 2b, no se cumple. La gráfica tiene conectados todos sus puntos con un número impar de lados. El recorrido buscado en la solución del problema de los puentes de Königsberg es conocido actualmente como la búsqueda de un camino euleriano. Hoy en día, la ciudad de Kaliningrado tiene solo cinco puentes, ya que dos de ellos fueron destruidos durante la Segunda Guerra Mundial. Aunque encontrar recorridos eulerianos que inicien y terminen en el mismo punto es imposible, lo que sí se puede es encontrar caminos de este tipo de un punto a otro.

La búsqueda de recorridos eulerianos en gráficas tiene una gran importancia práctica en la vida cotidiana, por ejemplo, en la búsqueda de rutas óptimas de transporte de mercancía o de pasajeros.

En la seguridad en una red de carreteras, el patrullaje se trataría de realizar siguiendo un recorrido euleriano, si es que existe; de esta forma se garantizaría que se recorrieran todas las carreteras una sola vez en cada ronda de vigilancia. Asimismo, existen problemas similares en telecomunicaciones, criptografía y ciencias de la computación.

Con respecto al ejemplo 3, en la Figura 3a se muestra la fórmula estructural de un compuesto químico, mientras que en las Figuras 3b y 3c, dos gráficas que representan a dicha fórmula. Los puntos indican átomos de carbono e hidrógeno, y los lados, enlaces químicos entre pares de átomos. La gráfica del inciso b difiere en la numeración

de los puntos y la gráfica en c difiere de la anterior en la forma de los lados. Desde el punto de vista de la teoría de gráficas, las dos gráficas son el mismo objeto matemático; esto es, en la construcción de la gráfica no importan las longitudes y formas de los lados, ni el tamaño de la gráfica o cómo se numeran sus puntos. La Figura 3b se transforma en 3c doblando y estirando sus lados, manteniendo la numeración de los puntos; estas representaciones del mismo objeto obtenidas con ese procedimiento se llaman *gráficas isomorfas*. Surgen varias preguntas: si estas representaciones del mismo objeto tendrán propiedades comunes y, si esas propiedades comunes serán responsables del comportamiento y/o actividad del compuesto que representan. La respuesta a estos cuestionamientos es sí.

Para responder a este tipo de planteamientos, ha surgido el área del conocimiento que actualmente se conoce como Teoría química de gráficas.

La teoría química de gráficas es el estudio de gráficas en el que cada punto representa a un átomo y cada línea o lado es el enlace entre los átomos de la estructura. Para responder a planteamientos con compuestos específicos, se trabaja de manera interdisciplinaria con la teoría de gráficas, la estadística y la química computacional. Las propiedades comunes entre gráficas isomorfas se conocen como índices topológicos. Uno de estos *índices topológicos* es el número de lados que llegan a cada uno de los puntos de la gráfica. A partir de este índice se derivan otros: el índice de Randic (también conocido como el índice de conectividad); los índices del grupo Zagreb o el de Wiener relacionado con las distancias entre puntos de las gráficas, entre otros. Estos índices son unos de los más conocidos y estudiados en la teoría de gráficas.

Ahora bien, ¿cómo encontrar esos índices topológicos? Cabe recalcar que, en primera instancia, la molécula se debe representar como una gráfica a partir de su fórmula estructural, con los átomos sirviendo como puntos y los enlaces como lados, y a partir de esta gráfica molecular se determinan uno o varios de los índices mencionados. Esta gráfica puede ser alargada, torcida o deformada, de tal manera que no se rompan los lados, ni se creen lados nuevos y las que se obtienen después de estas deformaciones son gráficas isomorfas. Para todas ellas los valores numéricos de los índices mencionados serán los mismos, es decir, se mantendrán invariantes para cualquier representación que se elija. Su valor depende del patrón de conectividad y no de la forma o tamaño de la gráfica, ni de la forma de sus lados.

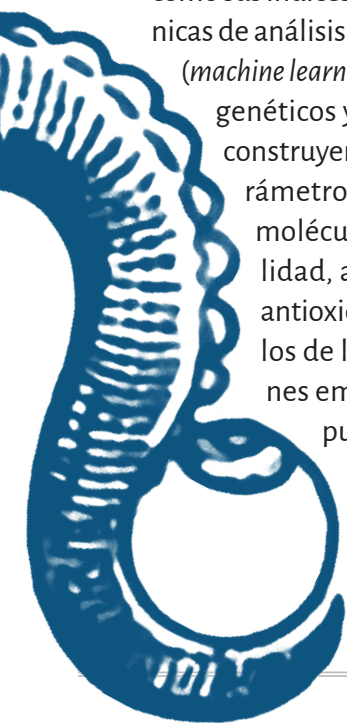
¿De qué manera los índices topológicos explican el comportamiento del compuesto que está representado por las gráficas isomorfas? Para dar una respuesta es necesario partir de la suposición de que las características responsables de las propiedades físicas, químicas y biológicas de la molécula están dadas por su estructura, misma que queda capturada y resumida como un conjunto de números, esto es, los calculados como sus índices topológicos. Es así que, mediante técnicas de análisis estadístico y aprendizaje automático (*machine learning*), como la regresión, los algoritmos genéticos y las redes neuronales artificiales, se construyen modelos matemáticos entre los parámetros topológicos X y propiedades de la molécula Y , tales como su toxicidad, solubilidad, actividad anticancerígena, actividad antioxidante, o antiinflamatoria. Estos modelos de la forma $Y=F(X)$ representan relaciones empíricas mediante la función F que se pueden utilizar para hacer predicciones sobre el comportamiento de la molécula; dichas relaciones permiten la explicación de las observaciones y,

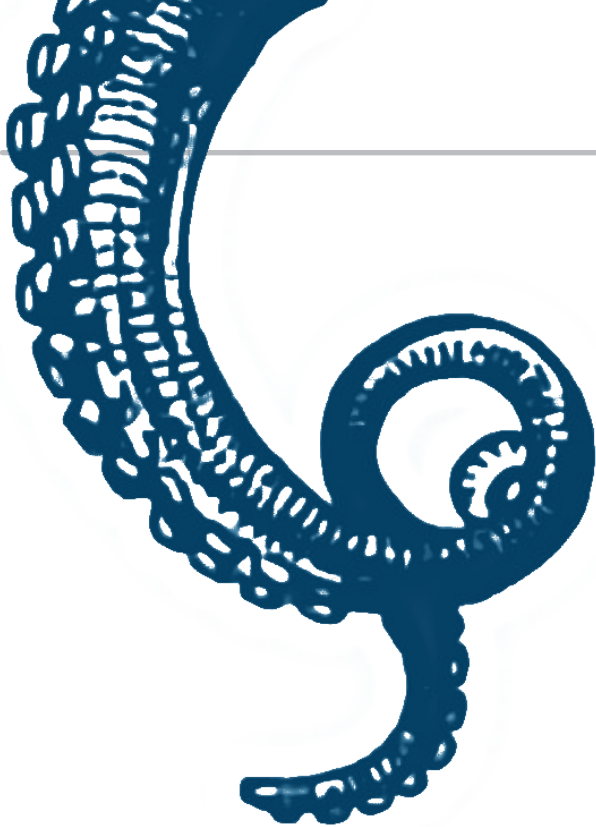
asimismo, hacer predicciones sobre el comportamiento de la molécula en condiciones impuestas a conveniencia, por ejemplo, para disminuir la toxicidad y/o aumentar su capacidad anticancerígena. Esta forma de trabajo hace posible minimizar tiempo y recursos experimentales en la búsqueda de nuevos fármacos o materiales.

Como conclusión tenemos que la teoría de grafos se ubica en un área de las matemáticas conocida como matemáticas discretas; esta teoría trata con las figuras geométricas que tienen propiedades que no dependen del tamaño y la forma, sino únicamente de la forma en la que pares de puntos están interconectados por líneas. Los grafos se ilustran como diagramas formados por puntos unidos por líneas.

La teoría de grafos estudia las propiedades que no cambian cuando la figura se deforma o cuando se le estira, tuerce o comprime, pero sin romper líneas o crear nuevas líneas que unan pares de puntos (suponiendo que es de un material deformable).

Como se describió en este trabajo, estos tipos de gráficas pueden representar situaciones de la vida real; de hecho, la teoría surgió y se desarrolló motivada por sus aplicaciones y amplia influencia en la vida cotidiana, desde un pasatiempo o juego, como el recorrido euleriano de una gráfica en “la firma del diablo” o el “timbiriche”, hasta la investigación en la búsqueda de curas para el cáncer, covid-19 o soluciones a problemas que surgen en comunicaciones, lingüística, economía, medicina, diseño arquitectónico, etcétera. Vale la pena estudiarla y que se incluya en la hoja de materias de áreas de la ciencia básica y las humanidades.





Lecturas adicionales

Muchas otras aplicaciones de la teoría de grafos pueden encontrarse en los siguientes ejemplos:

1. En el tratamiento avanzado sobre los métodos estadísticos y de aprendizaje automático para establecer relaciones empíricas entre los parámetros topológicos del grafo de una molécula con las propiedades de la molécula:

Kerber, A., Laue, R., Meringer, M., Rucker, C. & Schymanski, E. (2014). *Mathematical Chemistry and Chemoinformatics*. De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110254075>

2. En la metodología utilizada en estudios de compuestos anticancerígenos:

Koam, A. N. A., Azeem, M., Ahmad, A. & Masmali, I. (2024). Connection number-based molecular descriptors of skin cancer drugs. *Ain Shams Engineering Journal*, 15(6), 102750, <https://doi.org/10.1016/j.asej.2024.102750>.

Li, Y., Aslam, A., Saeed, S. *et al.* (2022). Targeting highly resisted anticancer drugs through topological descriptors using VIKOR multi-criteria decision analysis. *Eur. Phys. J. Plus* 137, 1245. <https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-022-03469-x>

Mukwembi, S. & Nyabadza, F. (2023). Predicting anti-cancer activity in flavonoids: a graph theoretic approach. *Sci. Rep.* 13, 3309. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-30517-y>

3. En la investigación que coadyuva en la búsqueda de la cura del covid-19:

Mahji, B. K., Kulli, V. & Cangul, I. N. (2023). Nirmala leap indices of some chemical drugs against Covid-19. *J. Disc. Math. Appl.* 8(1), 13-21. <https://doi.org/10.22061/jdma.2023.10093.1058>

4. En el desarrollo de modelos de inteligencia artificial clínica:

Johnson, R., Li, M. M., Noori, A., Queen, O. & Zitnik, M. (2024). Graph artificial intelligence in medicine. *Annu. Rev. Biomed. Data Sci.* 7, 345-368. <https://doi.org/10.1146/annurev-biodatasci-110723-024625>

5. En el estudio de las redes sociales:

Teixeira, A. S., Santos, F. C. & Francisco, A. P. (2017). Emergence of Social Balance in Signed Networks. En Gonçalves, B., Menezes, R., Sinatra, R., Zlatić, V. (eds.), *Complex Networks VIII*. Springer Proceedings in Complexity. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-54241-6_16

Referencias

Krasner, E. & Newman, J. (1940). *Mathematics and the Imagination*. Simon and Schuster.

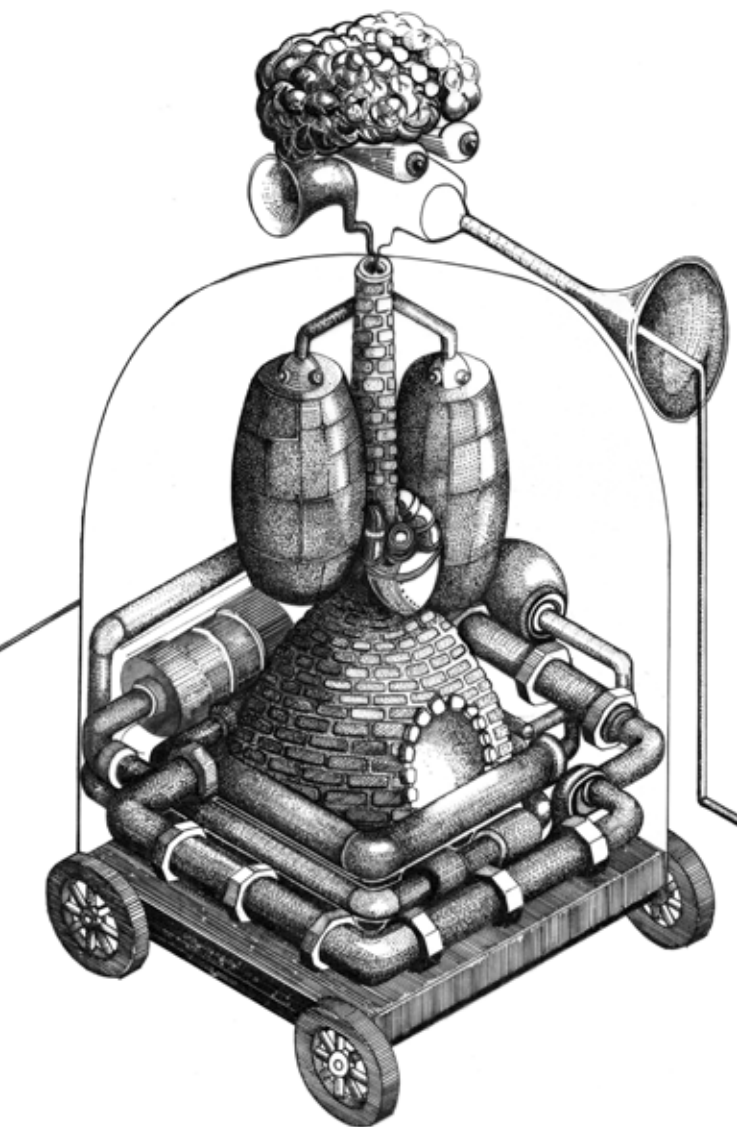
López de Medrano, S. (1973). *Teoría de gráficas*. ANUIES.

Ore, O. (1963). *Teoría y aplicaciones de los gráficos*. Random House.

Colorear al cerebro.

Un truco para estudiarlo

Jesica Jocelyn Cortés Cortina, Laura Mireya Zavala Flores y Abril Alondra Barrientos Bonilla



Los seres vivos estamos organizados de forma jerárquica. En el caso de los humanos, el cuerpo está integrado por sistemas; estos, por órganos; los órganos, por células; las células, por orgánulos; y cada nivel por proteínas, lípidos y carbohidratos. Uno de los órganos más grandes y organizados del cuerpo es el cerebro. Esta complejidad puede explicarse por la presencia de diversos tipos de células, entre ellas las neuronas, la microglía, los astrocitos, e incluso las células endoteliales que recubren los vasos sanguíneos. Lo curioso es que todas ellas carecen de color propio. Entonces, ¿por qué durante una cirugía los cirujanos observan el cerebro de color

rosa?

La respuesta es interesante. El cerebro requiere de una cantidad significativa de sangre. La sangre está conformada por diferentes tipos celulares y entre ellas los eritrocitos. Estas células transportan hemoglobina y oxígeno a través de las arterias que irrigan al cerebro. Así, la sangre oxigenada, al filtrarse a través del tejido y las capas que lo recubren, denominadas meninges, le da al cerebro una tonalidad rosa-rojiza característica. En cambio, tras la muerte, cuando la circulación cesa, la hemoglobina pierde oxígeno y el cerebro se torna grisáceo o amarillento con el tiempo. Esto es relevante saberlo cuando se lleva a cabo una investigación científica por dos razones: el procesamiento del tejido debe realizarse rápido para evitar que se deshidrate y, por consiguiente, se requerirá teñir a las células para estudiarlas.

Los retos de teñir el tejido cerebral

En la época antigua, se creía que el corazón era el centro de las emociones y de la inteligencia. Los egipcios consideraban al cerebro inútil, por lo que durante el proceso de momificación lo desechaban. No fue hasta los trabajos de Galeno de Pérgamo que se inició el estudio de cómo el cerebro controla los movimientos, las sensaciones e, incluso, las emociones del cuerpo. Desde entonces, el estudio del cerebro ha sido un reto para los investigadores. Los desafíos van desde comprender cómo se comunican las células al interior del cerebro, hasta cómo este órgano se vincula con todos los sistemas del cuerpo.

En principio, la estrategia es conocer la forma y la función celular. A diferencia de las escasas células que poseen pigmentos como las células del iris, las neuronas son incoloras. Además, la forma de las neuronas es irregular debido a sus abundantes ramificaciones. Esta característica hace que se dificulte su observación bajo el microscopio. Por ello, los primeros histólogos desarrollaron estrategias para preservarlas y teñirlas, pero las técnicas de tinción no “coloreaban” todas las células, lo que dificultaba el estudio de poblaciones celulares específicas. No obstante, en las primeras décadas del siglo XXI, Camilo Golgi descubrió por accidente que, al sumergir tejido cerebral en una solución de nitrato de plata, se distinguía con gran detalle la morfología de las células residentes del cerebro.

Sin embargo, la tinción de Golgi presentó desventajas. Una de las principales, es que no permite distinguir entre diferentes tipos neuronales o células gliales; además, por razones, aún no del todo claras, solo un pequeño porcentaje de las neuronas absorbe las sales de plata, es decir, no todas las neuronas se tiñen. Si bien, este descubrimiento permitió describir la morfología neuronal, había que entender cómo funciona-

ban las neuronas.

Asociando la forma y la función

Hoy se conoce que la comunicación neuronal se da gracias a células interconectadas. El flujo de la información entre ellas tiene relación con la forma de las neuronas. Por ejemplo, las que tienen aspecto fusiforme, caracterizadas por una morfología alargada, facilitan la transmisión de señales a lo largo de una dirección específica, mientras que, en contraste, las de forma piramidal, distribuyen la información en dos puntos de salida.

Pero entender la dinámica neuronal va más allá de estudiar su forma. El tipo de neurotransmisor que producen y su ubicación define la capacidad de interacción que tengan con otras neuronas. Esto es fundamental para comprender la anatomía del cerebro.

Un ejemplo de la importancia de estudiar las neuronas según su tipo, ubicación y función, es la enfermedad de Parkinson. Esta patología está estrechamente relacionada con la muerte de neuronas dopaminérgicas en el mesencéfalo humano. Las neuronas involucradas son productoras de dopamina, por lo que controlan el movimiento. Entonces, estudiar cuáles son los factores que las afectan, ha permitido el diseño de tratamientos. Esto no habría sido posible únicamente con la tinción de Golgi. Fue necesario dar un paso más allá: “colorear” de forma específica a las células que constituyen al cerebro. Asimismo, había que solventar dos retos en el procesamiento del tejido: 1) evitar la deshidratación y 2) favorecer la impregnación correcta del colorante.

En el primer caso, la pérdida de agua genera cambios en la composición de las células. Uno de ellos corresponde a la desnaturalización de proteínas y, en consecuencia, la alteración de la integridad de las membranas que recubren a los orgánulos. Por eso, dentro del procesamiento histológico, los investigadores querían usar fijadores adecuados a cada tipo de tejido. De esta forma se impide la desnaturalización de las proteínas y se preserva la arquitectura celular. Solo quedaba atender un desafío: la asimilación de los colorantes.

El color como aliado

Dar color a las células implica dos posibilidades: que el colorante se impregne a los orgánulos celulares por afinidad química, como sucede en las técnicas de tinción histoquímica; o bien, que se adhiera un elemento “colorido” a las proteínas, estrategia clave del inmunomarcaje. En cualquiera de los casos, lo importante es asignar color.

Para distinguir los colores, es necesario comprender la naturaleza de la luz. La principal fuente de luz es el sol, pero también puede obtenerse de fuentes artificiales. Sea natural o artificial, la luz está conformada por ondas electromagnéticas que viajan a distintas longitudes de onda.

Los ojos no ven la luz en sí misma, sino lo que ocurre cuando esta golpea un objeto. Un tomate parece rojo porque absorbe todas las longitudes de onda excepto aquellas correspondientes al rojo, que rebotan y alcanzan nuestra retina, la cual es una especie de pantalla repleta de sensores llamados *conos* y *bastones*. Los bastones detectan la luz tenue y las sombras, mientras que los conos son los que captan los colores y los detalles finos.

Existen tres tipos principales de conos, cada uno sensible a diferentes longitudes de onda. Por ejemplo, los Conos L (*Long wavelength*), responden a las longitudes de onda larga, lo que permite distinguir tonalidades del color rojo. En el caso de los Conos M (*Medium wavelength*), captan las longitudes de onda media, lo que posibilita apreciar tonos verdes. Mientras que los Conos S (*Short wavelength*), detectan las longitudes de onda corta vinculadas al color azul. La combinación de sus rangos de detección lumínica permite que el cerebro interprete una gama amplia de colores.

Por ejemplo, cuando los conos L y M se activan de forma conjunta, vemos distintos matices de amarillo. Si los tres tipos de conos responden en equilibrio, percibimos el blanco. Un hecho interesante es que dichos “sensores” no envían directamente la imagen al cerebro. Estas células convierten la luz en señales eléctricas, como si estuvieran traduciendo la luz a un idioma que el cerebro pueda entender.

Es así como en la vida diaria solo contemplamos el rango visible de la luz, pero ¿qué pasa cuando manipulamos la luz? Ahí las reglas cambian, porque usando ondas de longitud específica podemos ir más allá del espectro visible. El uso de microscopios con láseres o lámparas de mercurio han favorecido la observación de células inmunomar-



Figura 1. *Cerebro audaz.* Composición fotográfica a partir de tejido teñido. Cortesía de Daniel Hernández Baltazar. Imagen participante del 5th International PathArt Photomicrography Contest promovido por el *Turkish Journal of Pathology* en 2021.

cadasy visualizadas a partir de fluoróforos.

El arte detrás de las células fluorescentes

La microscopía de fluorescencia inició en el siglo XX. Todo comenzó cuando se descubrió que algunas sustancias podían absorber luz invisible (como la ultravioleta). Los fluoróforos son moléculas presentes en la naturaleza, por ejemplo, en las medusas que nadan libremente en el océano. Estos organismos, cuando son observados bajo luz ultravioleta, nos revelan una gama de brillantes colores.

El avance sustancial ocurrió cuando a alguien tuvo una magnífica idea: marcar partes específicas de una célula con anticuerpos sintéticos acoplados a fluoróforos, estrategia que vinculó a las neurociencias con la inmunología. Los científicos sabían que los anticuerpos, proteínas que fabrica nuestro sistema inmune, son moléculas que se adhieren a un sustrato de forma específica. Utilizando esa cualidad, se desarrolló la tecnología para producir, tanto los anticuerpos como los fluoróforos de manera sintética. Así que los científicos unieron los fluoróforos a los anticuerpos y crearon “linternas biológicas” para “iluminar” solo la parte de la célula que se desea estudiar. Esta innovación ha permitido a los investigadores observar proteínas y orgánulos, así como caracterizar tipos celulares en términos de su forma y su función.

El impacto ha sido enorme para la biología celular. De repente, las neuronas pudieron “teñirse” con diferentes colores según las proteínas que expresaban. Los axones, largas prolongaciones de las neuronas, aparecieron como líneas luminosas y las sinapsis pueden identificarse a través de proteínas específicas. Sin duda, el inmunomarcaje fluorescente ha permitido a los científicos mapear circuitos neuronales.

Lo innovación continúa. Dicho método no solo revela formas estáticas. A diferencia de las tinciones histoquímicas tradicionales, la fluorescencia también permite observar procesos dinámicos en tiempo real; en otras palabras, puede determinarse cómo una proteína se mueve dentro del citoplasma, cuánto tiempo interactúan las moléculas durante un proceso o cómo una célula reacciona ante un estímulo específico. Es como espiar la vida celular mientras sucede.

Así que manipular la luz ha permitido explorar el cerebro con un nivel de detalle que antes parecía imposible. Al final de cuentas, el cerebro, lejos de ser rosado, adopta los colores que la ciencia elige para entenderlo.

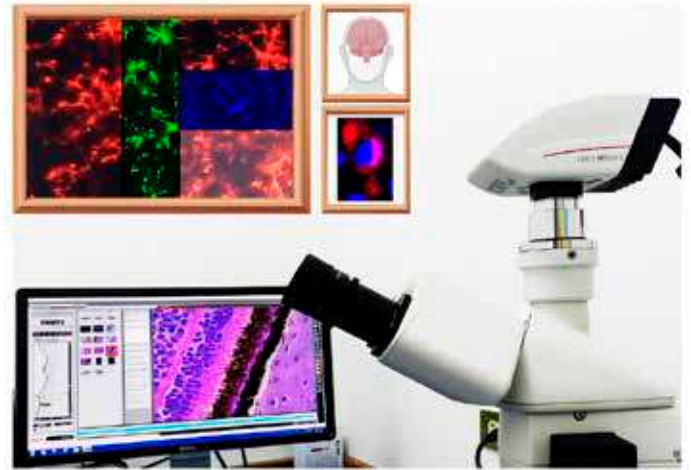


Figura 2. Análisis de imagen de epifluorescencia. Cortesía de Daniel Hernández Baltazar.

Referencias

- Barrientos Bonilla, A. A., Montejo López, W., Pensado Guevara, P. B., Varela Castillo, G. Y. & Hernández Baltazar, D. (2023). Estrategias para el estudio del cerebro. *Revista La Ciencia Aplicada en Chiapas*, 10 (5), 57-59. <https://icti.chiapas.gob.mx/programas/revista/LaCienciaAplicada10.pdf>
- Cortés Cortina, J. J., Barrientos Bonilla, A. A., Vargas Castro, V., Sánchez García, A. C. & Hernández Baltazar, D. (2024). Vinculando a la física cuántica con las ciencias que estudian la forma. *Revista Panamericana de Morfología*. <https://sociedadmexicanadeanatomia.com/1233-2/>
- Monter Tolentino, D., Soto Rodríguez, G., Rovirosa Hernández, M. J., Pensado Guevara, P. B. & Hernández Baltazar, D. (2024). Ventajas y retos de la histología en las ciencias biológicas. *Revista Cantera*. <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/4471>
- Takahashi, S. (2022). Metabolic Contribution and Cerebral Blood Flow Regulation by Astrocytes in the Neurovascular Unit. *Cells*, 11(5), 813. <https://doi.org/10.3390/cells11050813>
- Taraska, J. W. & Zagotta, W. N. (2010). Fluorescence applications in molecular neurobiology. *Neuron*, 66(2), 170-189. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2010.02.00>



La magia de la ligación: paso crucial en la clonación

Diana Lizzet Murrieta León, Patricia Rosales Flores y
Aracely López Monteon

Dentro del mundo de la ciencia y en la clonación del ADN, también llamada *clonación genética*, la ligación es un proceso muy importante. En este momento, te estarás preguntando, ¿qué es la ligación? y ¿por qué tenemos que ligar para clonar?, estas mismas preguntas me surgieron cuando llegué al laboratorio de biología molecular y mi asombro creció aún más cuando me dijeron “hay que dejar ligando toda la noche”. La verdad no entendía nada; mi mente voló e imaginé que nuestro objetivo sería reproducir muchas ovejas como en el famoso caso de la clonación de la ovejita Dolly. Pronto entendí que la clonación genética no se trata de obtener individuos idénticos.

La clonación genética consiste en obtener copias idénticas de un gen o fragmento de ADN. Todas nuestras células poseen la información necesaria para reproducirse y sobrevivir; dicha información se encuentra contenida en una molécula llamada ADN que se hospeda dentro del núcleo de la célula. El ADN está formado por fragmentos conocidos como genes; en cada gen se encuentra la información que dará lugar a cada proteína como la queratina, necesaria para el cabello, la piel y las uñas.

Ahora bien, ¿cómo fue posible clonar un individuo completo? Esto se logró gracias a la *clonación reproductiva*, mediante la que se reproducen individuos completos e idénticos; la *clonación terapéutica*, a través de la que se obtienen células que son introducidas en otro organismo con la finalidad de aliviar una enfermedad, y la *clonación genética*, a través de la que se obtienen múltiples copias de genes.

En este texto, conoceremos la magia que se encuentra detrás de la clonación genética, así como su impacto en la actualidad y en el futuro. Pongámonos nuestros guantes de laboratorio y descubramos sus secretos y, por qué no, la magia de la unión de los fragmentos de ADN que en el laboratorio es conocida con el término “ligar”.

En la biología molecular, la clonación del ADN es una herramienta fundamental para la manipulación y obtención múltiples copias de un gen o fragmento de ADN; durante el proceso, es necesario unir dos fragmentos de ADN e introducirlos en una célula que se encargará de hacer las copias idénticas del fragmento de ADN. Al paso de unión de los dos fragmentos es a lo que llamamos *ligación*.

¿Cómo se lleva a cabo el proceso de clonación genética?

La clonación genética implica insertar o unir el fragmento de ADN, llamado *gen*, en otro fragmento de ADN de forma circular, el cual se conoce como vector; de esta manera, se obtienen millones de copias del gen.

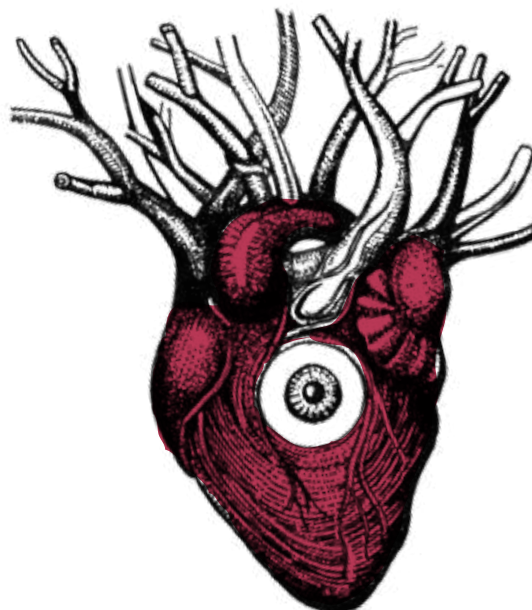
Para entender dicho proceso, recurriendo a la analogía, pensemos cuando en algún momento de nuestra vida hemos convivido con una persona diabética. Sabemos que, en esta enfermedad, el azúcar (glucosa) se acumula en la sangre porque no es capaz de entrar a la célula para ser utilizada como energía, esto se debe a que el gen que dará lugar a la insulina no sirve o sirve a medias y, al no haber insulina, el azúcar se almacena en la sangre y da lugar a la diabetes. La insulina funciona como una llave que abre la puerta de las células para dejar entrar el azúcar; por lo tanto, una persona con diabetes debe inyectarse insulina para poder vivir.

Con el propósito de explicar lo anterior, podríamos decir que para lograr una clonación exitosa son necesarios una serie de pasos, sin omitir ningún detalle:

1. Aislamiento del ADN de interés:

El primer paso consiste en separar el gen de la insulina del resto del ADN de la célula. Podríamos comparar el ADN de una célula con un pequeño pedazo de cuerda muy larga, en cuya superficie se extiende toda la información que ayuda a que los seres vivos funcionen; imagina que el ADN es el código de un programa de computadora, donde un pequeño fragmento (gen) constituye una parte específica del código encargado de realizar una función en particular, como el gen de la insulina. Así como los programadores pueden examinar y modificar partes específicas del código para mejorar o cambiar un programa. Actualmente, los científicos son capaces de estudiar y trabajar con fragmentos de ADN para entender y manipular funciones biológicas.

El código del ADN está formado por cuatro moléculas que se conocen como nucleótidos: guanina (G), citosina (C), adenina (A) y timina (T). Como el ADN es una molécula de doble cadena, al unirse una G de una cadena con la C de la otra y la A de una cadena con la T de la otra, forman una escalera que simula un caracol, donde las uniones de los nucleótidos forman una especie de peldaños en la molécula de ADN (Figura 1).



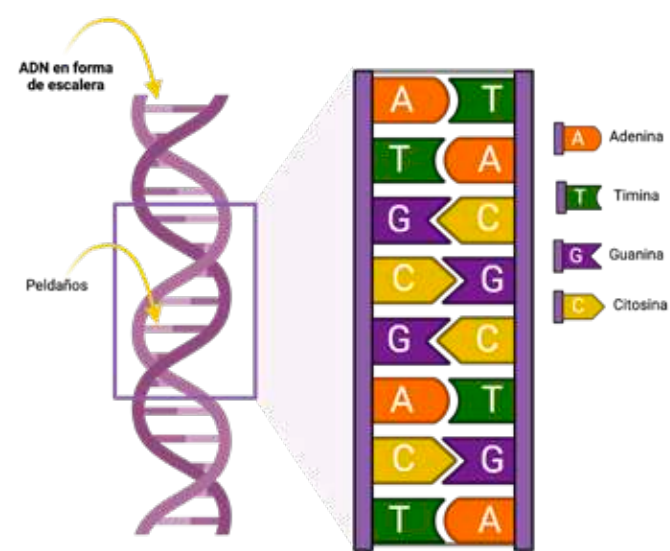


Figura 1. El ADN tiene forma de una escalera de caracol, donde cada unión de bases nitrogenas es un peldaño de la escalera. Fuente: Creación propia, usando <https://BioRender.com>

2. Corte del ADN con enzimas de restricción:

Una vez aislado el fragmento de ADN, se corta en lugares específicos, utilizando enzimas de restricción que funcionan como tijeras, reconociendo y cortando el ADN en lugares específicos; las enzimas de restricción pueden generar diferentes tipos de extremos, principalmente extremos cohesivos o pegajosos, llamados así porque es muy fácil que se vuelvan a unir (Figura 2).

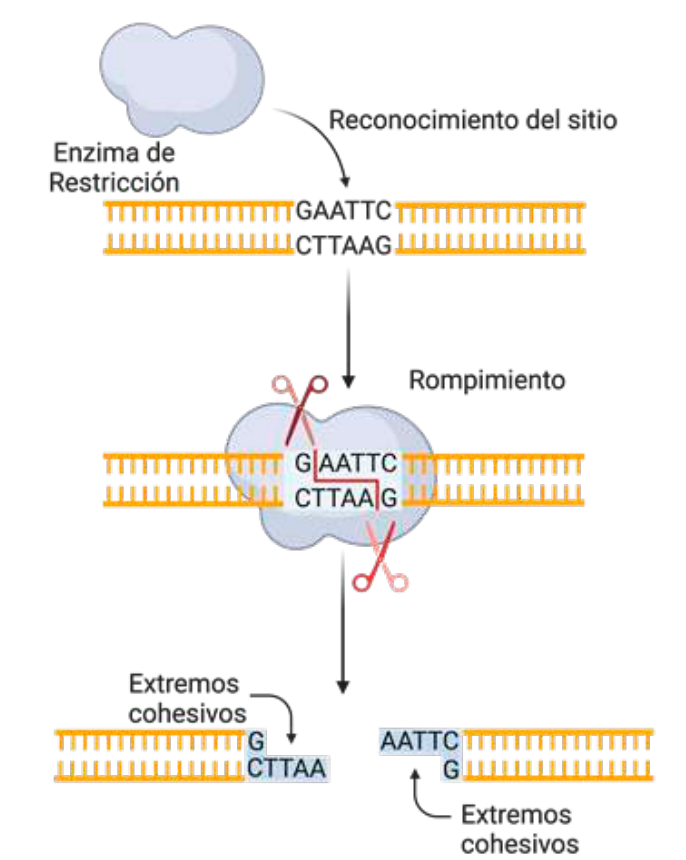


Figura 2. El ADN que se quiera clonar es cortado con enzimas de restricción en sitios específicos, generando extremos llamados cohesivos o “pegajosos”. Fuente: Creación propia, usando <https://BioRender.co>

3. Corte del vector con enzimas de restricción:

Durante este paso, el ADN, que se ha cortado con las enzimas, se introduce dentro de un vector. El vector es una molécula de ADN circular y a las moléculas circulares se les conoce como plásmidos; estos actúan como vehículos, ya que sirven como medio para transportar el ADN de interés a las células que se quieran modificar. Los vectores también deben cortarse con las mismas enzimas de restricción con las que se corta el ADN a clonar, de manera que sean compatibles; este proceso es como cortar una liga. Así, en la zona donde se cortó el vector se une el fragmento de ADN dando lugar a un vector recombinante. Los vectores cuentan con marcadores o secuencias que nos permiten identificar fácilmente a las células que han aceptado e incorporado el ADN clonado; estos marcadores suelen ser genes que inducen resistencia a ciertos antibióticos, lo que provoca que las bacterias que incorporen el vector podrán crecer en medios de cultivo con presencia de antibióticos.

4. Unión o ligación del vector con el fragmento de ADN:

Es en este momento cuando entra en juego la magia de la ligación. Los fragmentos de ADN, cortados previamente, se unen con el vector por medio de una enzima llamada *ADN ligasa*. La ligasa actúa como una especie de pegamento, uniendo de esta manera el fragmento de ADN con el vector. Aunque los nucleótidos tienden a tener atracción y la adenina se unirá a la timina por medio de dos puentes de hidrógeno, mientras que la guanina se unirá a la citosina a través de tres puentes de hidrógeno, la ligasa formará otro enlace llamado *fosfodiéster* que ayudará a que se mantengan unidos de manera estable. Esta etapa es crucial, ya que la ligación determina el éxito del proceso de clonación.

5. Insertar el vector recombinante en una bacteria:

Durante el último paso, el vector, con el ADN insertado (vector recombinante), se introduce en células bacterianas (generalmente *E. coli*), proceso identificado como transformación. Las bacterias se colocan en un medio de cultivo que contenga antibiótico, considerando que las bacterias puedan crecer en presencia de antibióticos. De esta manera, solo las bacterias que han insertado o aceptado el vector recombinante, podrán sobrevivir y crecer en el medio de cultivo gracias al gen de resistencia para el antibiótico que se encuentra en el vector.

Aproximadamente 16 horas después, podemos observar dicho crecimiento, descubriendo pequeñas colonias dentro del medio de siembra. Cada colonia (círculo blanco) corresponderá a una clona que posee el fragmento de ADN. Ahora podemos decir que estamos clonando el gen que dará lugar a la insulina; a este proceso se le conoce como *transformación*, lo cual es posible gracias a que las células bacterianas tienen la capacidad de tomar el ADN externo y multiplicarlo para generar miles de copias.

El gen o fragmento de ADN que fue introducido mediante el vector dentro de la bacteria es multiplicado, la bacteria actúa como una fábrica de proteínas, puesto que la bacteria utiliza los procesos de replicación para sintetizar muchas copias del gen y, por medio de la transcripción y la traducción, el ADN del gen se transforma en ARN y dando lugar a una proteína, que como es producida en una bacteria se le llama proteína recombinante. De esa forma podemos producir grandes cantidades de insulina humana (Figura 3).

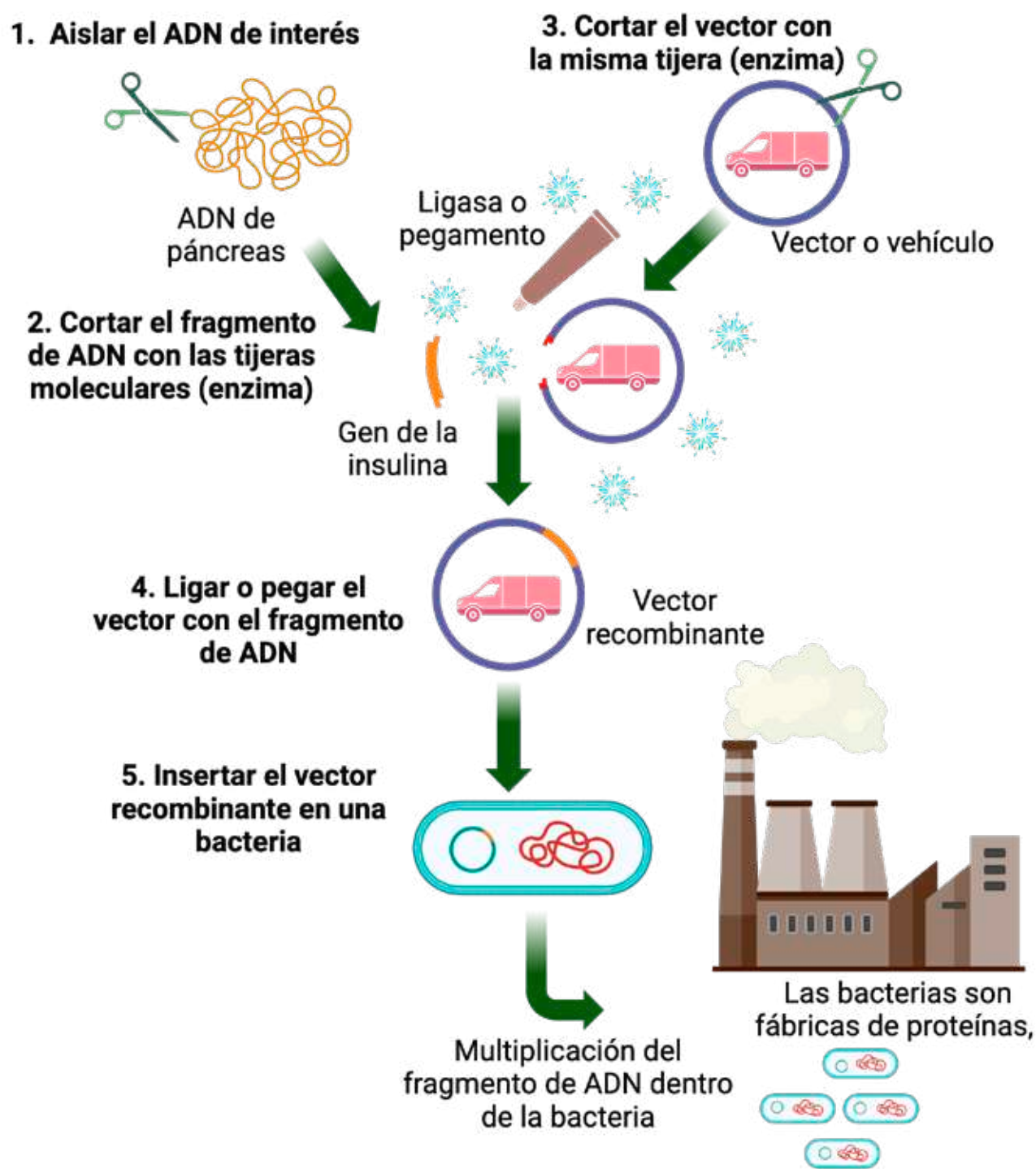


Figura 3. La magia de la ligación permite ligar o pegar el vector (vehículo) con el fragmento de ADN. Las bacterias. Fuente: Creación propia, usando <https://BioRender.com>

Las moléculas de ADN, construidas por métodos de clonación genética pueden tener diversos usos. A continuación, exploramos cómo la ligación de fragmentos de ADN puede influir en futuros desarrollos, aunados a desafíos éticos.

Producción de biofármacos (medicamentos y vacunas)

La clonación nos abre un abanico de posibilidades para contribuir en los avances de medicina personalizada en el futuro; con esta tecnología podemos producir proteínas recombinantes con aplicaciones médicas, es decir, utilizarlas como medicamentos. Un ejemplo clásico es la producción de insulina recombinante humana. Antes de 1978, la insulina que se usaba para tratar a las personas con diabetes provenía del páncreas de los cerdos, lo que implicaba numerosos sacrificios de los animales. Otro uso de las proteínas recombinantes es la producción de vacunas, ¿qué hubiera pasado si no hubiéramos contado con esta herramienta durante la pandemia de la COVID-19?, el virus SARS-CoV-2 hubiera cobrado más vidas de las que cobró. Las vacunas, hoy por hoy, han salvado muchas vidas al protegernos contra enfermedades producidas por patógenos. Las vacunas basadas en proteínas recombinantes han probado ser más seguras que las que parten de virus atenuados o inactivados, pues en estas últimas se ha observado reactivación de los virus o bacterias, provocando infecciones, principalmente en personas, cuyo sistema inmune se encuentra debilitado.

No obstante, existen controversias al respecto, en teoría para que una vacuna obtenga la autorización oficial para ser administrada debe pasar por años de investigación, a fin de evaluar su seguridad y eficacia. Hoy, los investigadores han puesto todo su esfuerzo en el desarrollo de protocolos y procedimientos éticos a fin de proporcionar más beneficios que efectos dañinos a la población.

Terapia génica

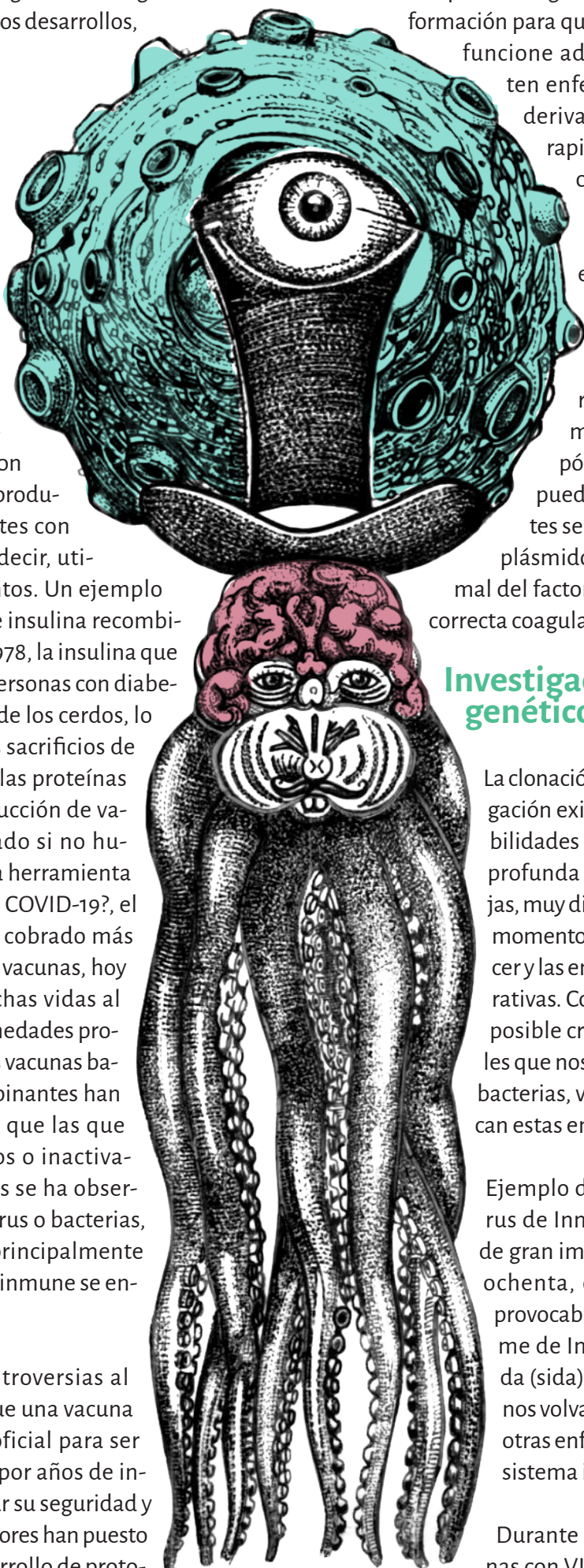
Partiendo de que en los genes se encuentra toda la información para que una célula o un individuo funcione adecuadamente y que existen enfermedades genéticas, que derivan en enfermedades, la terapia génica proporciona al paciente una copia normal del gen que está fallando; por ejemplo, en la hemofilia A, enfermedad donde el gen del factor VIII de la coagulación no funciona, por lo que las personas corren el riesgo de sufrir grandes hemorragias por un simple raspón. Actualmente la hemofilia puede ser curada si a los pacientes se les proporciona un vector o plásmido que contenga un gen normal del factor VIII, el cual da lugar a una correcta coagulación de la sangre.

Investigación y análisis genético

La clonación de genes mediante una ligación exitosa nos abre muchas posibilidades para una investigación más profunda de enfermedades complejas, muy difíciles de manejar, hasta el momento, incurables, tales como cáncer y las enfermedades neurodegenerativas. Con ayuda de la clonación, es posible crear modelos experimentales que nos muestren cómo actúan las bacterias, virus o parásitos, que provocan estas enfermedades.

Ejemplo de lo anterior es el VIH (Virus de Inmunodeficiencia Humana) de gran importancia durante los años ochenta, cuando se descubrió que provocaba en las personas el Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida (sida), un virus que ocasiona que nos volvamos susceptibles a muchas otras enfermedades porque nuestro sistema inmune se deprime.

Durante aquella década, las personas con VIH inevitablemente morían de sida, pero después de años y años de investigación utilizando la clonación, se obtuvieron unas



proteínas, llamadas “interferones”, cuya función es activar el propio sistema inmune para atacar al virus; ahora sabemos que quien tenga VIH no forzosamente morirá de sida.

Biotecnología agrícola

En la agricultura, los genes clonados o productos de la ligación pueden producir cultivos transgénicos para que, de esta manera, sean más resistentes a enfermedades, plagas o a los diferentes cambios climáticos. Si bien este avance ayuda a enfrentar desafíos alimentarios, además de favorecer la economía de muchos agricultores, esto ha generado muchas interrogantes y posturas opuestas, debido a que surge la preocupación de si estos alimentos son aptos para el consumo o hasta qué punto podrían alterar al medioambiente, pues al modificar genes que impiden que las plantas tengan plagas, también se puede afectar a insectos que son beneficiosos. Al respecto, surgen otras inquietudes como qué tan justo sería que solo algunas empresas tuvieran el control de ciertos productos y qué tan saludables serían los alimentos modificados (Figura 4).

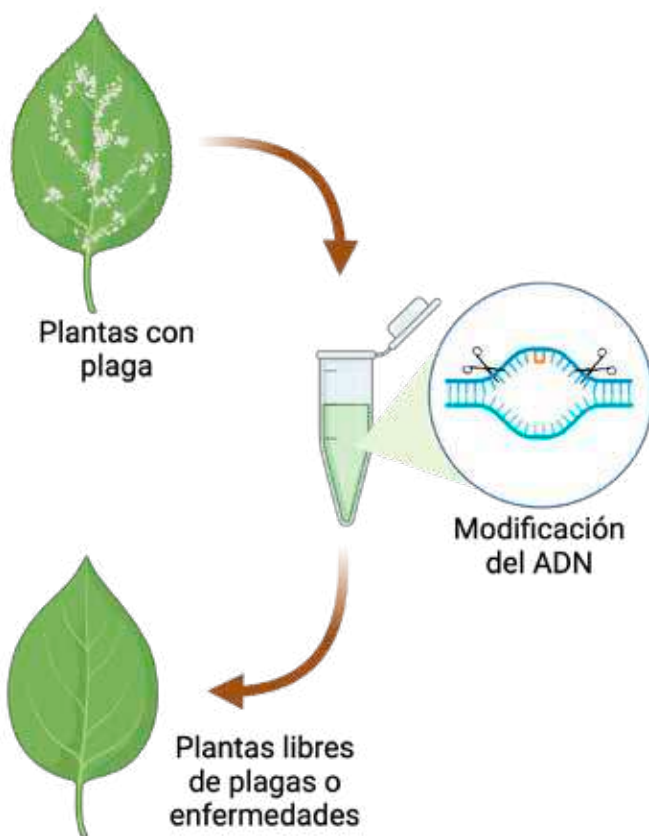


Figura 4. Modificación genética aplicada en la agricultura.
Fuente: Creación propia, usando <https://BioRender.com>

Desafíos y consideraciones éticas

Si bien las técnicas de clonación nos brindan muchas oportunidades para mejorar situaciones que, por ahora, no son posibles de controlar, también presentan fuertes desafíos éticos que deben ser considerados y resueltos. La capacidad de manipular el ADN y crear organismos genéticamente modificados ha sido motivo de grandes debates sobre la seguridad y la responsabilidad que conlleva su uso. De ahí la urgencia de establecer protocolos y normas dirigidos a proteger la seguridad y a mitigar las inquietudes que este tipo de técnicas puedan causar. Es necesario asegurar que todos aquellos que se encargarán de la clonación molecular, hagan un uso responsable y ético.

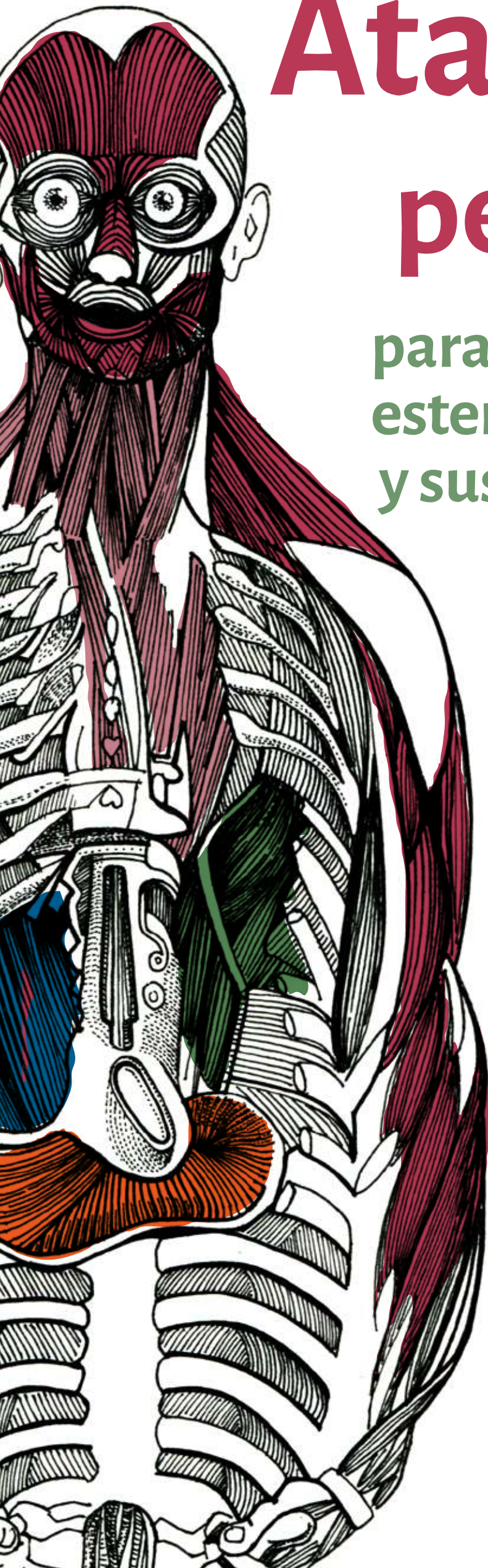
En conclusión, la ligación en biología molecular es una etapa importante en el proceso de clonación del ADN, al permitir la unión de fragmentos de ADN con el vector, armando una especie de rompecabezas para obtener genes que funcionen adecuadamente y pueden eliminar o controlar enfermedades. Los avances en la producción de biofármacos, terapia génica, investigación genética y biotecnología agrícola deben ir siempre de la mano de la ética, siempre pensando en el beneficio de la sociedad.

Si bien la clonación nos brinda grandes oportunidades en el campo de la medicina y la biotecnología, también conlleva a una inmensa responsabilidad de carácter ético, de ahí que todos los interrogantes deberán ser seriamente considerados. Asimismo, es necesario establecer protocolos éticos que garanticen un uso responsable de las técnicas de clonación, donde el proceso de ligación es la magia que los investigadores siempre desearán ver como medio para lograr la satisfacción de ayudar a controlar una enfermedad, sea en humanos, animales o plantas.



Referencias

- Hanneman, M., Suza, W., Lee, D. & Hain P. (s.f.). Tecnología de ADN recombinante. *LibreTexts*. Iowa State University. <https://espanol.libretexts.org/@go/page/56663>
- López Domínguez, J., Moran Sarmina, K. M., Placier Sosa, D. & López Monteon, A. (2018). Tecnología del ADN recombinante. *Kuxulkab'*, 23(47), 41-47. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a23n47.2627>
- The College of Physicians of Philadelphia. (10 enero 2018). La ética y las vacunas. *History of Vaccines*. <https://historyofvaccines.org/vaccines-101/la-etica-y-las-vacunas/es>



Atajos peligrosos

para un físico ideal: esteroides anabólicos y sus riesgos

Jorge Santana Ríos González y Krystal Dennice González Fajardo

La búsqueda de un estilo de vida más saludable y lograr un cuerpo estético es cada vez más común y accesible para muchas personas. Actualmente, el gimnasio se ha convertido en un espacio clave para alcanzar metas como mantener un peso ideal o construir un físico inspirado en figuras que admiramos a través de las redes sociales. Sin embargo, este entorno lleno de inspiración, también suele ser un terreno fértil para la desinformación. Muchas veces, modelos con cuerpos impresionantes generan admiración, pero también crean expectativas irreales. En ese contexto, surge la tentación de recurrir a atajos como los Esteroides Anabólicos Androgénicos (EAA), que prometen resultados rápidos, aunque sean un riesgo grave para la salud.

Al entrar al gimnasio, no es raro encontrarse con entrenadores cuyos cuerpos imponentes generan confianza y motivación, pero su conocimiento en muchos casos es empírico y carente de fundamentos científicos, lo que los puede llevar a recomendar productos o métodos riesgosos, sin considerar sus consecuencias a largo plazo. Estas prácticas, combinadas con la presión social por alcanzar un cuerpo “perfecto”, impactan negativamente la percepción que las personas tienen de sí mismas. En ocasiones,

conducen a trastornos como la dismorfia corporal, un trastorno mental en el que una persona se obsesiona con ciertos defectos físicos, pequeños o inexistentes, pero que afectan su autoestima; asimismo, en ocasiones, generan desórdenes alimentarios como la anorexia y la bulimia, trastornos que afectan tanto a hombres como a mujeres. En este entorno, el consumo de suplementos y esteroides se convierte en un recurso peligroso para satisfacer estándares poco realistas de belleza y estética.

Pero... ¿qué son los esteroides?

Los EAA son productos sintéticos derivados de la testosterona, hormona masculina fundamental para el desarrollo de caracteres sexuales, que estimulan el incremento de producción de las proteínas en el cuerpo, provocando un aumento en el tamaño muscular. Esto se refleja en el desarrollo de las capacidades físicas, como fuerza, velocidad, resistencia y flexibilidad.

Un efecto anabólico es el proceso mediante el cual el cuerpo construye o repara tejidos, como cuando aumenta la masa muscular, se fortalecen los huesos o se almacena energía. El efecto ocurre gracias a hormonas como la testosterona y sus derivados, que estimulan el crecimiento y la regeneración celular.

Las funciones de los andrógenos promueven el desarrollo de características físicas masculinas, como la voz grave, el crecimiento de vello facial y corporal, así como el aumento de masa muscular, características conocidas como rasgos sexuales secundarios. Las acciones anabólicas se encargan del desarrollo de tejidos no reproductores como los de músculo, hueso, hígado y médula ósea.

La testosterona tiene efectos sobre el desarrollo de los caracteres sexuales primarios y secundarios en el adulto (Rodríguez Alfaro *et al.*, 2020):

- Distribución del vello corporal
- Calvicie masculina
- Efectos sobre la voz
- Aumento del grosor de la piel
- Contribución en desarrollo del acné
- Desarrollo muscular
- Aumento de la matriz ósea (parte interna del hueso donde las células viven y contribuyen a su reparación y mantenimiento).
- Incremento de la tasa de metabolismo basal (cantidad de energía que el cuerpo necesita para realizar funciones básicas como respirar, regular la temperatura, etcétera)
- Aumento de glóbulos rojos
- Efectos sobre el equilibrio en los niveles de agua y electrolitos (sodio, potasio, calcio, fósforo, etc.)

Fisiología de los EAA

El eje hipotálamo-hipófisis-testículos es un sistema de comunicación en el cuerpo que se encarga de controlar la cantidad de testosterona que se produce. Funciona como un “termostato”: si hay suficiente testosterona, el sistema envía señales para que se produzca menos y si falta manda señales para que se produzca más, de manera que el equilibrio es importante porque la testosterona es una hormona esencial para el funcionamiento adecuado del cuerpo, incluyendo aspectos como la energía, la fuerza muscular y la salud reproductiva.

En el hombre adulto, entre 90 y 95% de la síntesis de andrógenos es testicular y 5% se forma en las glándulas suprarrenales. La testosterona que no se fija a los tejidos en el hígado, rápidamente se convierte en andrógenos: androsterona y dehidroepiandrosterona, expulsándose por el hígado y el riñón (Rodríguez Alfaro *et al.*, 2020).

Los EAA originalmente se sintetizan para tener un mayor efecto anabólico que androgénico, pero ambos efectos no pueden ser separados, de ahí el nombre “Esteroides Anabólicos Androgénicos”.

Usos médicos de los esteroides anabólicos androgénicos

La testosterona, como hemos señalado, es un anabolizante natural, esencial para el desarrollo y mantenimiento de la masa muscular. Su deficiencia lleva a una disminución notable de esta, afectando tanto a la salud como a la calidad de vida. Por esta razón, se usa en ciertas condiciones médicas específicas que producen una disminución del músculo.

El uso de EAA se justifica en el manejo médico de ciertas enfermedades, siempre bajo una estricta supervisión profesional, garantizando su aplicación de manera controlada y segura.

Las únicas indicaciones aprobadas por la Food and Drug Administration para el uso de esteroides anabólicos son las siguientes (Leslie *et al.*, 2025):

1. **Hipogonadismo primario:** cuando el cuerpo no produce suficiente testosterona debido a un problema en los testículos.
2. **Pubertad tardía en chicos:** cuando los chicos no desarrollan características físicas típicas de la pubertad a la edad esperada se utiliza testosterona para ayudar en el proceso.

3. **Hipogonadismo hipogonadotrópico:** el cuerpo no produce suficiente testosterona, debido a un problema en el cerebro que afecta a las señales que normalmente indicarían a los testículos que produzcan testosterona.
4. **Deficiencia de gonadotropinas y hormona luteinizante:** en el momento que se detecte que el cuerpo no produce suficientes hormonas necesarias para estimular la producción de testosterona.
5. **Disfunción del eje hipotálamo-hipofisario por tumores, lesiones o radiación:** problemas en la glándula hipófisis o el hipotálamo (región del cerebro que controla la producción de hormonas), ya sea debido a un tumor, una lesión o al efecto de la radioterapia, lo que afecta la producción de testosterona.

Otras razones para usar testosterona incluyen:

6. **Insuficiencia testicular primaria en pacientes con criptorquidia:** cuando los testículos no se desarrollan correctamente o no están en la posición correcta al nacer.
7. **Orquitis:** inflamación de los testículos, que puede afectar la producción de testosterona.
8. **Torsión testicular:** una condición en la que los testículos se retuercen, lo cual causa daño y afecta la producción de testosterona.
9. **Síndrome de testículo desaparecido:** cuando los testículos no se desarrollan o desaparecen de alguna manera.
10. **Historia previa de orquiectomía:** se refiere a los pacientes que han tenido que someterse a una cirugía para remover uno o ambos testículos.
11. **Síndrome de Klinefelter:** es un trastorno genético en el que los hombres tienen un cromosoma X extra, lo que suele llevar a una producción insuficiente de testosterona.
12. **Agentes quimioterapéuticos:** algunas medicinas utilizadas para tratar el cáncer pueden dañar los testículos, lo que afecta la producción de testosterona.
13. **Daño tóxico por consumo de alcohol y metales pesados:** el abuso de alcohol y la exposición a metales pesados pueden dañar los testículos y reducir la producción de testosterona.

En resumen, se utilizan esteroides anabólicos, principalmente testosterona, para tratar una serie de condiciones que afectan la producción normal de esta hormona, haciendo hincapié en el estricto manejo bajo supervisión de un profesional y con las indicaciones necesarias para ser administrada.

Principales consecuencias del empleo de EAA en el deporte

Durante las prácticas deportivas, los EAA suelen usarse para aprovechar su potencial anabólico. En la mayoría de los casos, su finalidad es lograr resultados estéticos, como un físico más musculoso o mejorar el rendimiento deportivo, aumentar la fuerza y acelerar la recuperación después del entrenamiento. Esta percepción refleja cómo muchas personas buscan en los esteroides un camino rápido para alcanzar sus metas físicas o atléticas, ignorando con frecuencia todos los riesgos asociados.

Existe una clasificación para los EAA, dependiendo de la vía de administración (Rodríguez Alfaro *et al.*, 2020):



- **Orales:** se absorben a nivel gastrointestinal, tienen una vida media corta, con efectos negativos por su metabolismo hepático. Dentro de este grupo localizamos al estanozolol, la oximetazona, la oxandrolona, el dianabol, entre otros.



- **Inyectables:** de uso intramuscular, con diversas presentaciones, dependiendo su componente base. La base acuosa tiene un tiempo de liberación de 1 a 2 semanas, mientras que en la base oleosa el tiempo de liberación es de 2 a 4 semanas. Dentro de este grupo localizamos a diversos ésteres de la testosterona como la boldenona, el decadurabolin, el masteron, el primobolan y la trembolona, entre otros.

Los principales factores que llevan a una persona a abusar de los esteroides anabólicos incluyen tener problemas familiares, estar muy preocupado por cómo se ve su cuerpo, tener una imagen negativa de sí mismo, tener baja autoestima y dificultades con el comportamiento.

Por otro lado, es importante mencionar que el consumo de EAA a largo plazo y el uso de dosis por arriba de las indicadas para fines médicos, está vinculado directamente con el desarrollo de enfermedad cardiovascular, alteraciones de los lípidos en sangre e hipertensión arterial. Asimismo, se relaciona con el desarrollo de ateromas, una acumulación de varias sustancias: grasas, colesterol, calcio y otras células en las paredes de las arterias, en los



Figura 1. Acumulación de sustancias como colesterol en las paredes de las arterias, consecuencia de los EEA. Fuente: Manu5, CC BY-SA 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, vía Wikimedia Commons. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atheroma.jpg>

vasos del corazón y a lo largo del cuerpo (Figura 1).

Una de las consecuencias más comunes del consumo de EAA es que la contracción de estos provoca que el corazón se deteriore, al reducirse el volumen de sangre que se bombea desde dicho órgano. También ocurre que los vasos conectados al corazón, como la arteria aorta, se vuelvan menos flexibles, lo que a su vez provoca una disminución en el oxígeno que llega a los tejidos más alejados del corazón.

En el hígado, el consumo de esteroides anabólicos androgénicos sin control médico, comúnmente producen toxicidad mediante un proceso denominado “apoptosis celular”, que es la muerte de las células hepáticas. Se han documentado casos de hepatomegalia (el crecimiento anormal del hígado), obstrucción por cálculos a nivel del conducto colédoco (que transporta la bilis desde el hígado y la vesícula biliar hasta el intestino delgado), carcinoma hepatocelular (un tipo muy común de cáncer en el hígado) y ruptura hepática espontánea (una complicación que provoca un sangrado en el hígado).

Además, en el ámbito neurológico y psicológico, se ha comprobado que los EAA generan alteraciones significativas en el comportamiento. Su uso descontrolado provoca episodios de manía e hipomanía, lo que se manifiesta en una exaltación en el ánimo, con diferentes niveles de gravedad, provocando actitudes agresivas e irritabilidad. Quienes los consumen pueden experimentar un incremento en los niveles de energía, sensaciones de euforia, aumento del deseo sexual, así como confusión y falta de concentración, efectos que en muchos casos son interpretados de manera positiva por los usuarios y, por tanto,

hacen que se cree mayor dependencia.

En contraste, durante la fase de abstinencia, es frecuente la aparición de síntomas depresivos, los cuales incluyen falta de apetito, desinterés por actividades cotidianas, disminución del deseo sexual e, incluso, pensamientos suicidas.

La dependencia es una consecuencia del uso de EAA que afecta aproximadamente a 30% de los consumidores (Hernández Fernández *et al.*, 2017). A diferencia de otras sustancias, los esteroides no generan una sensación inmediata de placer o recompensa tras su administración; su potencial adictivo está vinculado a otros factores, como la presencia previa de trastornos de la imagen corporal. En estos casos, la ansiedad por los cambios físicos que podrían ocurrir al suspender su uso puede llevar al individuo a desarrollar una gran dependencia.

El sistema neuroendocrino también se ve significativamente afectado, ya que la administración externa de EAA interfiere con el funcionamiento normal del eje hipotálamo-hipófisis-testículos. Esto conlleva a una reducción en la actividad de las gónadas y la recuperación de los niveles naturales de testosterona puede tardar meses, años o, en algunos casos, no restablecerse por completo.

En el hombre, el consumo de esteroides anabólicos androgénicos da lugar a la aparición de azoospermia u oligospermia, consistente en la falta de producción de espermatozoides, o bien, en una disminución de los mismos. Lo anterior se deriva de la falta de andrógenos endógenos, lo que también conlleva a una pérdida gradual en la capacidad de madurar de los espermatozoides, que

lleva a atrofia testicular.

En la mujer, la supresión del eje hipotálamo-hipófisis-ovarios desencadena disminución de la producción de estrógenos y progesterona (hormonas sexuales femeninas), lo que altera el ciclo menstrual con la probable inhibición de la ovulación.

Desarrollo de cáncer como consecuencia del consumo de esteroides anabólicos androgénicos

Existen investigaciones a través de las cuales se ha relacionado a los andrógenos con el cáncer de próstata y, por tanto, se están estudiando terapias de privación androgénica para estos casos (Gómez Rivas *et al.*, 2023), por lo que es posible esperar una tasa alta de hipertrofia benigna (crecimiento anormal de la próstata) y cáncer de la próstata ante el uso, sin control médico, de EAA. Sin embargo, la literatura coincide en que un aumento de la testosterona en la sangre no promueve un mayor riesgo de aparición de cáncer en hombres o mujeres. Otras investigaciones exponen que en mujeres premenopáusicas se desencadena un ligero aumento del riesgo de desarrollo de ciertos tipos de cáncer relacionados con los niveles de testosterona y androstenediona (Hernández Fernández *et al.*, 2017).

Otros efectos secundarios

El consumo de EAA ha provocado que, tanto en hombres como en mujeres, se haya identificado acné *vulgaris*, piel grasa, estrías, hirsutismo (crecimiento anormal de vello grueso, sobre todo en mujeres) y calvicie de patrón masculino. Estos efectos secundarios son reversibles, aunque en el caso del acné grave y las estrías, es posible que queden cicatrices (Hernández Fernández *et al.*, 2017).

La belleza de lo natural

Los efectos estéticos de un cuerpo trabajado a través de la fuerza y una nutrición adecuada son inconfundibles. Los músculos desarrollados de forma natural suelen tener una apariencia más armónica y proporcionada, ya que el crecimiento se da de manera progresiva y acorde a las capacidades genéticas de cada persona. Por otro lado, los EAA tienden a provocar un crecimiento muscular desproporcionado, a menudo acompañado de efectos secundarios visibles como piel grasosa, acné severo e, incluso, el crecimiento de las mamas en hombres.

Un plan de fuerza, combinado con una alimentación rica en nutrientes esenciales, (Figura 2), fomenta no solo la construcción de músculo, sino también la mejora de la calidad de la salud en general. Por ejemplo, una dieta rica en vitamina B12, la cual tiene una acción antiinflamatoria en el cuerpo, mejorando la función nerviosa, contribuye a la producción de glóbulos rojos y facilita la síntesis de ADN, todos estos procesos vitales para el mantenimiento de la salud en general (Kovatcheva *et al.*, 2023).

La fuerza como pilar del cambio

El entrenamiento de fuerza no solo es clave para desarrollar músculos estéticamente agradables; también mejora la postura, la simetría corporal y la confianza personal. Estos cambios, aunque sutiles, contribuyen significativamente a una percepción estética más positiva. A través del trabajo constante, los músculos se desarrollan respetando la biomecánica del cuerpo, lo que reduce el riesgo de lesiones y evita deformidades o asimetrías comunes



Figura 2. Algunos alimentos nutricionalmente apropiados para la construcción de masa muscular. Fuente: Marco Verch, CC-BY 2.0, vía CCNULL. <https://ccnull.de/foto/protein-food-and-hand-drawn-with-muscles-diet-and-fitness-food-concept/1022532>

en quienes recurren al uso de EAA.

Conclusión

El uso de los esteroides anabólicos androgénicos proporciona resultados rápidos y notorios, pero a un precio muy alto.

A nivel físico, causa daño hepático, alteraciones cardiovasculares y disfunción hormonal. En el ámbito emocional, su uso se asocia con cambios de humor, agresividad y dependencia psicológica. Incluso, desde una perspectiva estética, el abuso de dichos compuestos

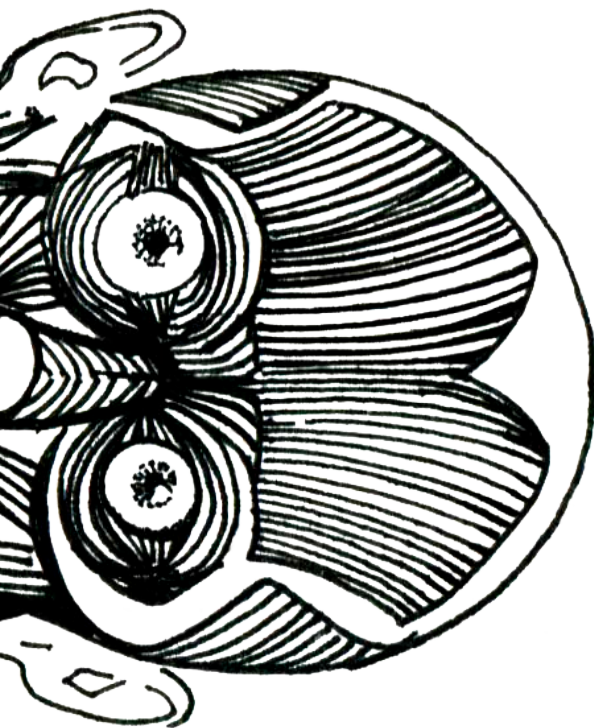
En contraste, un cuerpo esculpido de manera natural, aunque requiera más tiempo y esfuerzo, es un reflejo de disciplina, paciencia y respeto por el proceso.

puede llevar a una apariencia hinchada o antinatural que, en el largo plazo, pierde su atractivo.

Estos valores, intrínsecos al viaje del entrenamiento natural, se traducen en una belleza que va más allá de lo físico y resuena en la percepción que otros tienen de nosotros.

El proceso de transformación mediante el entrenamiento de fuerza y una buena alimentación es la clave para lograr un físico estético y saludable sin comprometer la integridad del cuerpo, además tiene un impacto profundo y positivo en la autoestima. Cada repetición y cada progreso tangible se convierten en una fuente de orgullo y satisfacción personal. Esta conexión emocional y mental con el propio cuerpo no puede compararse con los resultados rápidos, pero vacíos, que ofrecen los esteroides.

En un mundo que glorifica lo instantáneo, volver a las raíces de la paciencia y el esfuerzo es, quizás, el verdadero acto revolucionario. Acércate a un equipo profesional de salud que te apoye en la realización de tus metas.

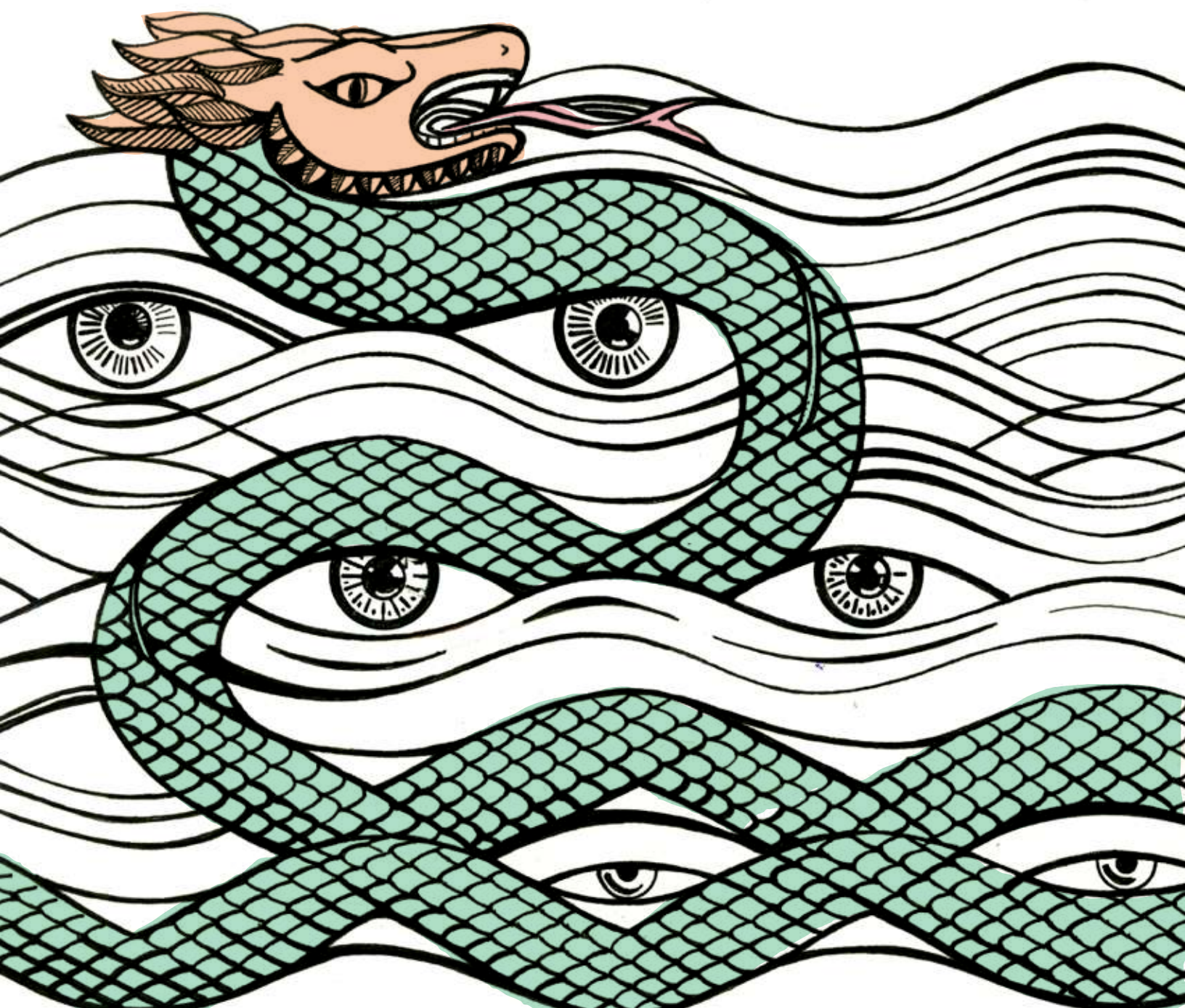


Referencias

- Hernández Fernández, S., Fernández Salim, M. & Ortiz González, I. (2017). Efectos secundarios derivados del consumo de esteroides anabólicos en el deportista. *Revista Iberoamericana de Ciencias de La Actividad Física y El Deporte*, 6(1), 26-45. <https://doi.org/10.24310/riccafd.2017.v6i1.3807>
- Gómez Rivas, J., Fernández, L., Abad-López, P. & Moreno-Sierra J. (2023). Androgen deprivation therapy in localized prostate cancer. *Current status and future trends. Actas Urológicas Españolas* (Edición en inglés), 47(1), 398-407. <https://doi.org/10.1016/j.acuro.2022.04.007>
- Kovatcheva, M., Melendez, E., Chondronasiou, D., Pietrocola, F., Bernad, R., Caballe, A., Junza, A., Capellades, J., Holguín-Horcajo, A., Prats, N., Durand, S., Rovira, M., Yanes, O., Stephan-Otto Attolini, C., Kroemer, G. & Serrano, M. (2023). Vitamin B12 is a limiting factor for induced cellular plasticity and tissue repair. *Nature Metabolism*, 5(11), 1911-1930. <https://doi.org/10.1038/s42255-023-00916-6>
- Leslie, S. W., Rahman, S. & Ganesan, K. (2025). *Anabolic Steroids*. In *Anabolic Steroids*. StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482418/#:~:text=Go%20to%3A-,Indications,-Anabolic%20steroids%20>
- Rodríguez Alfaro, J. M., Álvarez Castillo, A. & Salas Boza, A. (2020). Esteroides anabólicos: repercusiones médicas del uso indiscriminado con fines en la mejora del rendimiento atlético. *Revista Médica Sinergia*, 5(7), e531. <https://doi.org/10.31434/rms.v5i7.531>

Se weyi owihkayotl ipan atzintli

Gabriela Citlauhua Zepahua



Achtotlachialistli

Nikan Tzonkoliohkan tehtepeyotl, kanin tipowih tinawatlakameh, miak wehkikatlahtolmeh kateh. Ihkuak se tokoltzin noso tosihtzin techkakiltia se wehkikatlahtoltzin, nochipa itlah techmachtia kampa technextilia kenin tehwan titlakameh moneki timoyeknotzaskeh noso timoyekwikaskeh inawak nochi tlen techyewalowa.

Inin tlahtoltzin kinextia se tlayehyekolli ipan atzintli, kampa itech toaltepewan onkateh miakeh olocholmeh tlen monawatiah pampa kimalwiskeh iwan kipiaskheh atl, kanin tekiwahkeh amo sawel mokalakiah. Ik inon, ompa monextia miak tlatlamanyotl tlen powi itech tosendlachialis, kemin xochitlalistli, tepahtilistli itech atl iwan noihki tekokolistli tlen tlamochiwa ihtik atzintli ihkuak amo tiktlakaittah.

Noihki nikan monextia se owihkayotl tlen sawel opehki pankisa itech toaltepewan ihkuak opankiski okse tlachialistli ipan ixkoyantilistli.

San intlahtoltzitiwan tokoltzitiwan iwan tosihtzitiwan welis techyekmelawilis tosendlachialis.

Inin tlapowaltzin opankiski ihkuak akin nikan tlahkuilowa okinkak wehkikatlahtoltzitiwanmeh ipan atzintli inawak insihtzin Pascuala Tezoco, se masewalsiwatl tlen miak oixtlatamatikata ipan tepahtilistli, kampa nochipa okinextiliaya inixwiwan kenin moneki kitlakaittaskeh nochi tlen techyewalowa, kemin yeh atzintli.

Yehtzin otlapahtiaya ika pahxiwitl, noihki okipalewi itakoh kampa ma nesikah inchikueyinkonewan.

Pascuala Tezoco oneski ipan 1933 iwan oixpoliwik ipan 2004. Nochipa okiyehyekoya amo welis tikawilchiwaskeh atzintli kampa atzintli noihki tlayehyekowa iwan ihkon noihki kualantewa iwan moihkuania tla amo tiktlasohtlah. Ihkon otlayehyekowayah iwan ok tlayehyekowah itech toaltepewan.

Kampa yehtzin okilihtewak iixwi ma kitlakaitta nochipa atzintli iwan ma motlahmachili nochipa kampa atzintli moyolkokowa tla amo tiktlasohtlah noso ipampa timokualaniah.

Se weyi owihkayotl ipan atzintli

Yi wehkika, se tlakatztintli itoka Juan omokuahkowito ikuitlapan tepetl kanin ochanchiwaya. Inon kuawyo sawel kualtzin okatka, kampa tlatlamantli kuawitl omoskaliaya: awatl, elitl, timbre, papalokuawitl, okotzotl, iwan okseki tlamantli kuawitl. Melawak tlasestikatka itech inon kuawtlan.

Juantzin nochipa okimpehpenaya imayowan kuawmeh tlen yowakeh noso tlen chikohmoskaltihtiweh kampa ihkon amo tlamis kuawtlan. Ihkuak otlanki otlatektik, omosewih se tepitzin kampa sawel oamikiaya. Yeh yokitlamihka iatzin tlen okimowikilihka.

Ihkuak omokitzkih panpa mokuawmamaltis, opehki kikaki achichipika itzalan teyoh. Achtoh amo okineltokak kox atzintli meyaya. Yeh niman owalachixki itzalan teyoh iwan okittak achichipikatok. Opaktewak iwan okikitzahti ikontzin kampa ma monechiko atzintli iwan san nimantzin okionik.

—Sawel welik inin atzintli. —okihtoh, iwan niman okiyehyekoh monekis kichiwas se tekochtli kampa ompa ma monechiko atzintli iwan ihkon kualtis kionihtasi ihkuak kuahkowiti ompa.

Mostlatipan, kualkan omehki iwan omokichpanoltih iasadon. Onehnentiah ohtlipan tlen yawi ikuitlapan tepetl. Ompa okinamik ikompaleh Josentzin iwan okitlahpaloh: —Panolti kompale. —Josentzin okimatlahpaloh iwan okitlahtlanilih— ¿Kanin tiahti kompale? —Nitlachkuateh ompa notlalpan kampa onikahsik atzintli. Kualtzin achichipikatok itzalan teyoh —okihtoh Juan.

Ikompalehtzin opaktewak, kampa itech inon altepetl amo onkatkaya atzintli. Altepechankeh san okiolochoyayah kalatl. —Ma nimitzpalewiti nokompaleh, iwan seki atzintli nikonolochos noihki —okihtoh Josentzin. —Kema, ompa techonahsi —okinankilihtewak Juan kampa totoka oahsisnekiaya.

San oahsito Juan ikxitlan teyoh, okitemowi iasadon iwan omotoloh, kampa otlisnekiaya. Ompa okittak okachi oachichipikaya. Ihkuak otlachkuak tepitzin, omolochoh atzintli iwan omoxolketzki wehkapan. —Amo sawel xinechmomalwilih —okilih atl, iwan oksepa okalak iihitik tlalli. Yeh amo omonexti ixko. San keh ihkon otlahtoh. Juan omomawtih kampa okiyehyekoh xamo mehekatlan ompa, kampa amo keman ihkon okittaya ma moxolkitza atl iwan ma tlahto. Ayakmo okinekiaya tlachkuas. Okiyehyekohtoka xamo itlah amo kualli tlen ompa okittak.

Nimantzin opankiskeh Josentzin inwan imonwan, kampa yehwan noihki otlapalewisnekiayah. —¡Ey! Juantzin, yotimitzasihtiakoh-okihtohkeh telpochmeh. Niman omotokikkeh inawak atzintli iwan omotlapowihkeh kenin omonekiaya tlachkuakeh kanpa ma mochiwa tekochtli.

—Achtoh moneki timotlankakitzaskeh ixpan atzintli chokomeh, ximotlasohkamatikan inawak, kampa se weyi tlateochiwaltzintli tikontlatokeh, Tlalokan nana iwan tlalokan tata otechmoteochilihtiakeh-. Okinilih José. Ihkon okichihkeh iwan niman omopalewihkeh. Opehki tlachkuah iwan se weyi tekochtztintli okichihkeh. Ihkuak otlahki otlatatakakeh, opehki molochoya oksepa atzintli iwan okittakeh sawel sesektzin iwan chipawaktzin omottaya.

Juan amo otlahtoh. Amikah okilih tlen okittak. Otlahtohtewak ihkuak yi okoxkatik. Okinilihtewan onixwiwan tlen omochihka ihkuakon. Yeh ihkuak nochi otlapanok, amitlah okihtoh.

San nimantzin oahsikeh ompa insiwawan tekompalehmeh, kampa okintlaxkalkawitoh iwan ihkuak nochtih omotlalihkeh, motlamasewiah, opehki motlapowiah siwameh: —Nikan kualtis timotlapakiskeh kampa

sekih temeh kualtzin patlawakeh —okihto siwatzintli tlen okachi okoxkatik. Yeh Juan okikualankaittak itlahtoltzin siwatzintli. Yeh amo otlahtoh, san ixtaka okatka.

Se siwatzintli okikixtih se tlaxkantzintli iwan okimak atzintli, ompa kanin omeyaya okitlali iwan omotlasohkamak. Nima, opehki kixehxelowatla kualli.

Ihkon opanok kanah se mestli, opehki meya okachi miak atzintli. Seki omolochowaya itech tikoxtzintli iwan sekitzin omotlelowaya ipan teyoh tlen tlaltipan okatkaya. Tototzitzinmeh omotokiayah inawak ameyalko iwan sekih tekuanimeh, kemin masameh, ayotochimeh, motomeh, tochimeh iwan okseki. Noihki ompa oatliayah. Altepechankeh opehkeh moasasakilia iwan ihkon opaktayah kampa yi okiapiayah atzintli.

Se tonali omotlapaktayah siwameh inakastlan ameyalko iwan okinpanowiko se tlakatzintli tlen amo opowiaya inaltepeh, omottaya yi weyi, ihkuak yi onemiaya motolohti.

—Kox kualtis techmokawilihtiaskeh ma nikoni seki atzintli, wehka ninehnentiwitz, iwan sawel niamiki —okinilih tlakatzintli.

Siwameh san ichtaka omokahkeh iwan omoihittayah. Amo okimatiayah tlen tlanankiliskeh. Tlen okachi nanantzin okonanki seki atzintli ika ixikal iwan okitokilih tlakatzintli. —Xikmomasewilihtia tehwatzin —okilih ihkuak okimakatoya—, atzintli amo kualli tikmomalwiliskeh, nochipa moneki tiktemakaskeh, kampa tlahtlakolli tla amo sektemaka —okihto siwatzintli ihkuak owalachiaya inixpan oksekimeh siwameh.

Tlakatzintli omotlasohkamat iwan onehnentiah. Nimantzin oahsiko Juan —Axkan kema miakeh onimotlapakikoh, kox amo ankittah ihkon tlamis atl. —okinilih, iwan omokopki. Ohtlipan okinamik ikompaleh Jose. Yeh okikitzkihti se tekontzin, panpa atlakuiti.

—Miak tiasasakatok, mosiwa motlapakihtok, sawel miak atl ankinehnektekeh amehwan —okilih ika kualankayotl.

—Chikawatika nokompaleh, amo xikualani. Atzintli amo tlamis, iwan neh yekin ohpatzin nikmokuilihtia —okinankilih Josentzin.

—Kema, ihkon kihtowah nochtih, yeh amo kiyehyekowa moneki timotlachipawiliskeh ameyalko, sawel yotlaxihyowak iwan nioh semeh kihtos tlaxwetekitiweh —okihto Juan.

Ompa Jose okilih tla kinekis ma mochiwa se olocholistehtl. Yeh welis kinawatis oksekimeh altepechankeh.

—Amo ximotekipachohtia nokompalehtzin. Tiaskeh mostla setlachipawateh —okilih Jose iwan okipanowih.

Ihkuak Jose oahsito ameyalko, okintlahpaloh siwameh iwan okinilih tlen Juan okilih.

—Kema, nikan noihki yotechahwakoh —okihto se siwatl.

—Tlahtlakoli, timokualaniah ipan atzintli, tla Apixki techkaktika moyolkokos iwan techmokawilihtias —otlahtoh nanantzin.

Mostlatipan omolochohkeh kampa opehkeh kichipawilia ameyalko iwan ompa Juan opehki tlatzonteki chikawak. Yeh ikompale Jose okilih amo ma tlaxwitiki chikawak kampa moneki san yehyektzin, kampa niman ompa nemih kowameh.

—Xamo nentok ikoni Apixki. Amo yeh tikonmakiliskeh iwan niman ik timowitiliskeh —okilih Jose.

Yeh Juan amo okikak. Kanpa san ixkualantoka iwanamo okinekiaya ma motokikan inawak ameyalko, yeh omomomohtiaya kampa okilnamiktoka tlen okittak ompa.

Ihkon, Juan otlaxwitekiaya chikawak. Niman omokak ikah omolinihtinemiaya xiwiyoh, —;Se kowatl! —okuitzoh Juan. Amo omotlayehyekoh, san okitlatziilhtewak itlatek, okikuatizontek kowatl. —;Amo xikmikti, timowihtilis! —okitzahtzilih se tlakatzintli tlen inawak otlaxwitekknemiaya.

Nochtih tlakameh omotokihkeh iwan okittakeh kenin kowatl omik. Nanantzin opehki mochokilia, —Axkan ayakmo yeski atzintli, osekmitih ikoni Apixki —okihtoh siwatztintli. —Kox amo tikitta san se kowatl. Ininkeh nochipa nemih kuawtlan. Tla amo onikmiktiskiaya, yeh onechminaskiaya —otlahtoh Juan. Nochtih altepechankeh omoihittayah, inixko omonextiaya mohkayotl.

Juan okiahku kowatl iwan okisoh itzalan imayo se elikowitl. —Ma kikuakan tzohpilomeh— okihtohtewak, iwan opehki kitoka ohtli tlen yawi altepetl. San okihtohtewak: —Yonechittakoh nochan kanpa nechkowiliskeh nin tlalli, ik nochi ameyalko. Ompa nankittaskeh tla okse tekompaleh mechtlayokolis atl.

Altepechankeh okualankeh. Nimantzin se tlakatl —okitzakuihtewak Juan. Nochtih okiyewalohkeh iwan okitzakuiliayah. —Tleika tiknamaka tlalli, kox amo tikitta nikan tinochtih sekinehneki atzintli —okiliayah sekimeh. Okse tlakatzintli opehki kixtopewa Juan: —Amo san ihkon tias, noihki timitzontekiskeh. Nochtih opehki motzahtzilah chikawak iwan Juan, san ken okualtik kolocholihewak. Ayak itlah okilihkeh, okikawilihkeh ma wia.

—Axan, tlen tikchiwaskeh? —okihtoh se techpochtli— Welika monekis tikowiliskeh itlal, tlamotlen tikchiwaskeh. Xikolochokan tomin, iwan mostla tikittatiweh ichan, tla seki tomin tikmakaskeh, techkawitilis ok ma tikonanakan atl.

—Kanin timokuilitiweh tomin, tla amo tikpia —okihtoh se tlakatl.

Nochtih omotekipachohkeh, iwan oyahkih inchan.

Yi yowaktzin, itech se kalli, san sehkan omotlalihkeh nochtih tlen ompa chanchiwah, omotlamasewiayah. Se ichpokatzin okitlahtlani isihtzin:

—;Tleika amo kualli tlen okichih Juan? ;Kox nelli inon kowatl yeh ikone Apixki iwan akin Apixki?

—Apixki se weyi kowatl, inasko tzohmih, ihwiyo. Yeh chanti tlaltikpaktli. Yeh kimalwia atzintli tlen meya totlaltikpak, ikinon, kanin meya atl yeh nochipa yetos, ompa apixtos, iwan tla tehwan timokualaniah ipanpa atl noso tikinmiktiliah ikonewan, yeh moyolkokos iwan noihki kualanis. Tons yaskeh, kiwikas atl oksehkan.

Ihkon opehki tlapowihtika sihtzin.

—Axan, kox wakis nin ameyalli, kampa ipan timokualanihtokeh iwan Juan okimiktih se ikone —okihtoh ichpokatzin. —Moneki totoka ma tikxochikawilihteh ameyalko, kampa ihkon tikoniliskeh amo ma kualani towan iwan ma techtlapohpolwi. Ma techmokawilihtia atzintli —okihtoh isihtzin.

Nochtih okochitoh. Kualkanpan otlatzilinkeh kampa nochtih ma molochochan. Omehtikiskeh nochtih altepechankeh iwan okiolochohki tomin. Nanantzin okihtoh achtoh monekis motlapohpolwitiweh inawak ameyalli, kampa amo kualli tlen mochihtiwitz. Nanantzin okihtoh:

—Axkan amo timaxiliah, moneki tikawilitiweh tomin Juan. Tla amo tiaskeh, yeh oksehkan kinamakas tlaltztintli.

Nochtih omotlallohkeh ichan Juan iwan okikawilitoh tomin, Juan okinilih kiselis tomin san pampa ma konantokah atl. Yeh amo kinnamakiltia tlalli. Kampa

inon okachi ipati. Ompa oksepa opehki mokualaniah.

—Tons ik kan tipanoskeh tla okse tikonnamakiltis tlalli —okihtoh se tlakatzintli ika kualankayotl.

—Kompalentzin, okachi kualli tla amo tiknamakas tlalli. Kan ik tipanoskeh, tehwtzin noihki ayikmo tikpiktias ik kan tipanotias —okilih ikompaleh Jose—. Inon amo owihkayotl. Tikawaskeh se ohpitzaktli kanin tipanoskeh tinochtih. San yeh xikmatihitiakan axan neh techmotlaxtlawilihtiaskeh atzintli iwan, ihkon okachi kualli nikonyektlalis teyoh, kanin nin motlapakiah, iwan se weyi atekoxko nikchiwas kampa ompa tikolochoskeh atl —okihtoh Juan.

Nochtih oyahyahkeh inchan. Amo okinpakti tlen okihtoh Juan. Yyeh noihki amo okittayah kenin konixtlaniskeh kampa ma kipatla iyehyekol.

Amikah okittato ameyalko, san yen nanantzin okiyehyekoh atolchiwas iwan ika motlapohpolwitiati inawak atzintli. Okachi teotlakah, owiah, kikitzihteh se xochimanalli ika sempoaltzin iwan ika se kontzin okiwiwaka atolli. Iixwi okikuitlapantokak.

—Neh mowan niah nosihtzin —iixwi okilih iwan ihkon inakastlan onehnetiah.

Ihkuak oahsitoyah ameyalko ayakmo omokakiaya atzintli. Okachi omotlalihteh iwan ihkuak oahsitoh, okittakeh ayak itlah achichipikaktika atzintli. Nanantzin omotlankuakitzki iwan opehki mochokolia. Okinawatih iixwi ma kinotzatih nochi altepechankeh kampa ma tlachiakeh tlen otlamochih.

Ihkuak nochtih oahtisoh, opehki mochokiliah. Okse nanantzin omotokih inawak ameyalko iwan omotlankuakitzki.

—Techtlapohpolwihtia Apixkatzin, melahkayopan otitlahyokoltihkeh —okihtoh siwatzintli iwan nochtih omotlankuakitzkeh.

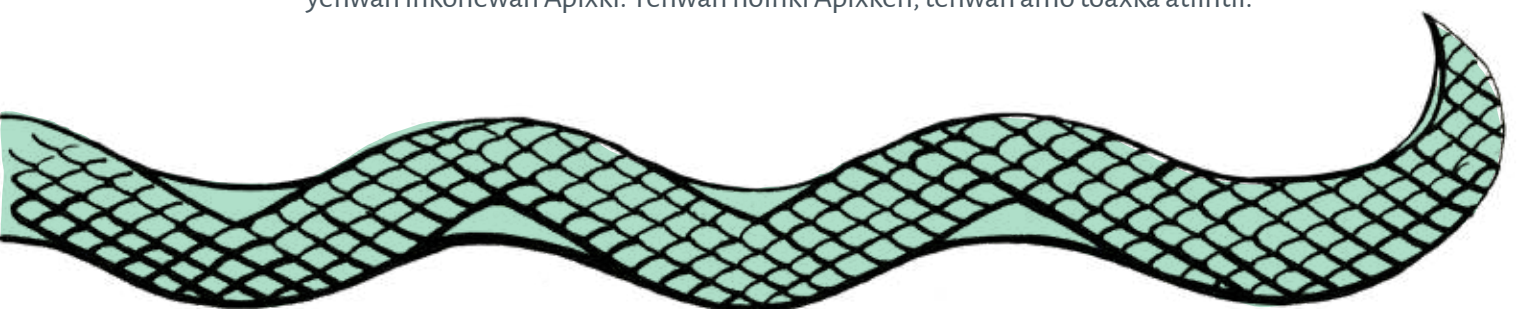
Nanantzin tlen xochiwiwaka, okitzoponki xochitl tlaltikapaktli iwan omotlapohpolwi inawak Tlalokannana iwan Tlalokantata, okikixth atolli iwan seki okimanki ika se xalohtzin, inakastlan xochitl iwan okikopilih seki tlaltzintli, niman seki okionik yeh. Kampa moihtowa iwan okonik atolli. Okse siwatzintli okixotlalti se tlawiltzintli inakastlan xochitl.

Nochtih omoteonochiliayah inawak Tlalokannana iwan Tlalokantata. Ihkon omochixkeh ompa. Ihkuak opehki tlapayawa, oyahyahkeh inchan. Nochtih omoyolyokohtiahkeh, seki ok omochokilihtiyah.

Mostlatipan, kualkampan, oksepa otlachiatoh iwan okittakeh ihkon kemin yalatipan, amitlah atzintli onkah. Ihkon opanohtiwah se ome mestli iwan nochi otlanki otlawatzki. Amo kemanian omeyak atzintli ompa.

**Ik inon, tokoltzitziwan iwan tosihtzitziwan kihtowah
amo kualli san ihkon timokalakiah ihtik atltoyatl,
noso ameyalko, nochipa moneki timotlapohpolwiskeh
inawak.**

Amo ma tikikmoaxkatilikan, amo ma timokualanikan ipanpa atzintli; nion amo kualli ma tikiinmiktikan kowameh tlen nemih inakastlan atoyatl noso ameyalko, kampa yehwan inkonewan Apixki. Yehwan noihki Apixkeh, tehwan amo toaxka atlintli.



Un gran problema sobre el agua

Introducción

En la Sierra de Zongolica, habitada por pobladores nahuas, abunda la tradición oral. Cuando un abuelo o abuela nos hace escuchar un relato, siempre nos deja una enseñanza, puesto que los relatos nos muestran cómo debe ser la conexión entre la humanidad con todo lo que habita a su alrededor.

Este cuento muestra un pensamiento hacia la agüita, pues en nuestros pueblos existen distintos grupos organizados, que trabajan cuidando y administrando el agua. En su gran mayoría, estos grupos son autónomos, los gobiernos locales no inciden en sus gestiones; por ello, en estos espacios se muestran distintas expresiones culturales como los rituales a los manantiales, la noción de la sanación y enfermedad de la agüita cuando no se le respeta como se debe.

También, aquí se expresa una de las mayores problemáticas que aquejan a nuestras comunidades, desde que empezó a introducirse la idealización individualista.

Solo la palabra de nuestros ancestros podrá reafirmarnos nuestra cosmovisión.

Este cuento surge de los recuerdos de quien lo escribe, quien lo oyó de voz de su abuela materna, Pascuala Tezoco, mujer sabia y conocedora de la medicina nahua. La abuela Pascuala dejó a sus nietos y nietas la enseñanza de que al agua se le debe respeto, no hay que malgastarla, porque la agüita se pone triste, si no la queremos o si peleamos por ella.

Pascuala siempre curaba con plantas medicinales y agua. Ayudó a su hija a traer al mundo a sus ocho hijas e hijos. Ella nació en 1933 y murió en 2004. Siempre pensó y, durante toda su vida, predicó sobre la importancia de cuidar y respetar al agua, como un ente sagrado con el que convive la humanidad.

Su paso por este plano, dejó la enseñanza de que al agua se le debe respetar y amar siempre, pues, de no ser así, la agüita se pone triste y se mueve a otro lugar.

Un gran problema sobre el agua

Hace mucho tiempo, un señor llamado Juan se disponía a ir por leña al monte que está detrás del cerro más grande donde vive. Ese monte era muy hermoso. Tenía una gran diversidad de árboles como encinos, elites, álamos, fresnos, entre otras especies. En verdad, este bosque era muy fresco.

Juan siempre seleccionaba las ramas secas de los árboles, o las que crecían chuecas, para así conservar el bosque. Cuando terminó de cortar su leña, tomó un descanso, pues estaba muy sediento, pero ya no le quedaba ni una gota de agua de la que había llevado.

Al ponerse de pie para cargar su fajo de leña, escuchó un goteo entre las piedras. Al principio, no creyó que ese sonido fuera agua escurriendo. Pero al acercarse más para ver entre las piedras, observó que goteaba agua cristalina. Así que decidió poner su jarrito para juntar un poco y saciar su sed. —¡Qué delicia! —exclamó Juan y, de inmediato, cargó la leña para llevarla a su casa y regresar al día siguiente con su azadón. Mientras caminaba, iba pensando en escarbar un pequeño agujero para que ahí se junte el agua.

A la mañana siguiente, Juan salió muy temprano de su casa y se dispuso a ir al monte para empezar a remover la tierra y hacer el agujero. En el camino se encontró a su compadre José: —La fuerza está con nosotros, compadre, ¿a dónde se va usted? —saludó con mucho respeto don José, como se acostumbra en el pueblo, mientras estrechaban sus manos.

—Voy al monte, compadre. Fíjese que encontré un nacimiento de agua, allá por el monte, en mi terreno. Ya voy a intentar hacer un hoyo para que se junte el agua y así pueda acarrear un poco —dijo Juan, tratando de no detener su andar.

—Yo voy con usted, compadre, le voy a ayudar y así, tal vez, quiera regalarme un poquito —le dijo José—. Sí, compadre —dijo Juan, mientras se alejaba, aunque no muy convencido de compartir su hallazgo.

Inmediatamente, José fue a su casa y les pidió a sus yernos que lo acompañaran para hacer el hoyo más grande. Para esta comunidad era muy importante el nacimiento de agua, ya que solo contaban con la que juntaban de la lluvia.

Mientras don José y sus yernos afilaban los azadones, Juan llegó al lugar donde se encontraba el nacimiento. Pronto se inclinó para cavar un poco y saciar su sed. Apenas empezó a generarse una lagunita, el líquido comenzó a brotar más y más hasta expandirse. De pronto, el agua se alzó y el chorro, que se hizo más alto que Juan, tomó una forma semejante a la humana. —No me celes de más, Juan —dijo el agua y cayó en el hoyo hasta perderse en la tierra.

Juan no supo qué hacer. No podía creer lo que sus ojos presenciaron y sus oídos escucharon. Tenía miedo de que fuera algún mal aire que habitaba por ahí o de que fuera solo su imaginación.

Apenas se incorporó, lo alcanzaron José y sus yernos. —¡Ey, don Juan! Ya vinimos para ayudar. Qué alegría que ya tendremos agua —dijeron los jóvenes. Luego de observar la forma del espacio, empezaron a organizarse para escarbar.

—Acaso no ven la gran bendición que se nos presenta, muchachos. Debemos hincarnos y dar gracias por esta bendición que Tláloc, padre y madre de la tierra, nos bendicen en verdad —dijo José mientras todos se hincaban ante el nacimiento.

Luego de dar gracias, empezaron a trabajar y pronto se formó una laguna con piedras a su alrededor. Las espo-

sas de los señores llegaron con comida para alimentarlos. —Ahora sí tendremos donde venir a lavar la ropa —dijo una de ellas, mientras que todas se inclinaban y agradecían la presencia de la agüita.

Una mujer mayor entregó un taco al nacimiento de agua. Dio las gracias con mucha reverencia y empezó a repartir la comida al resto de las y los presentes.

Juan miraba mientras se mostraba distante; no quiso contarle a nadie lo que había presenciado, pero seguía con miedo.

Así pasaron los siguientes días y, al cabo de un mes, ya había mucha agua, la cual se juntaba en el lago y lo que sobresalía corría entre las piedras, formando un riachuelo. Por ahí empezaron a acercarse animales del monte, como venados, ardillas, armadillos, distintas aves; ese era un nuevo lugar para hidratar a toda la comunidad.

Un día, mientras un grupo de mujeres lavaban su ropa, de pronto, llegó un señor maduro. Caminaba despacio y un poco inclinado; se veía de avanzada edad. —¿Podrían regalarme un poco de agua? Estoy muy sediento y vengo caminando de muy lejos —les dijo a las mujeres, quienes se miraban entre sí sin saber qué contestar, pues era alguien desconocido. Probablemente era de otra comunidad lejana.

La mujer mayor tomó su jícara, la llenó de agua y la puso en las manos del señor. La anciana volteó hacia las jóvenes y les dijo que nunca deberían negarle agua a otras personas. El señor agradeció por el agua y siguió su camino. Juan llegó a la laguna poco tiempo después; apenas saludó y de inmediato puso gesto de enojo cuando vio a varias mujeres lavando. —No deberían de lavar todas al mismo tiempo, se van a terminar el agua —dijo en voz alta y se dio vuelta.

Las señoras se sorprendieron ante la actitud de Juan, pero él ni siquiera les dio la oportunidad de hablar, pues se alejó del lugar rápidamente.

En el camino hacia la comunidad, Juan se encontró con José, quien llevaba un par de cántaros para acarrear agua de la laguna. —La fuerza está con nosotros, compadre —saludó con alegría José. Pero Juan no contestó el saludo. De pronto, alzó la voz para decir:

—Tu esposa está lavando mucha ropa y tú estás acarreando demasiada agua. Todos y todas malgastan agua, no hacen caso de cuidarla y ni siquiera han organizado una faena para limpiar la laguna que ya está muy enyerbada.

—Tranquilo, compadre, no te enojas, ahorita nos organizamos y mañana mismo hacemos la faena. Nos vemos en la laguna por la mañana —dijo José, quien al igual que las señoras, desconoció la actitud de Juan.

Cuando José llegó a la laguna, saludó a las señoras y les comentó lo que Juan le había dicho. —A nosotras ya nos regañó también —dijo una de ellas—. Es un pecado pelear por la agüita. Si el guardián del agua nos ve peleando, se va a poner triste y se alejará de aquí —dijo la señora mayor.

Al día siguiente ya estaban, tanto mujeres como hombres, reunidos alrededor de la laguna para comenzar a limpiarla.

Juan empezó a machetear muy rápido y fuerte, evitando hacer conversación con el resto de la comunidad. —No golpees tan fuerte, Juan; no vaya a ser que ande por aquí algún hijo o hija del guardián del agua y nos vayamos a cargar una maldición —le dijo uno de los señores.

Juan solo miró de reojo al señor, pero no contestó y siguió macheteando. De pronto se percató de un movimiento entre las hierbas. —¡Víbora! —gritó, mientras lanzó el machetazo que dio en la cabeza de la serpiente. —¡No la mates, te vas a condenar! —le gritó uno de los señores y todos se acercaron a mirar.

Juan levantó el cuerpo de la serpiente; un machetazo había sido suficiente para causarle la muerte.

La señora mayor se hincó. —Nos hemos condenado por matarle un hijo al guardián del agua —dijo la mujer, mientras las lágrimas escurrían por sus mejillas. Todos miraban con miedo el cadáver de la serpiente, al mismo tiempo que Juan la alzó con su machete y la postró entre las ramas de un árbol. —El zopilote se lo ha de comer —dijo y miró a todos.

—Ya me están visitando para negociar esta tierra, es muy probable que tengan que hablar con el nuevo dueño de este lugar para ver si les va a seguir regalando agua —dijo Juan. Y emprendió el camino hacia la comunidad.

Todos y todas corrieron hacia él enfurecidos. Se escuchaban muchos reclamos, incluso uno de los señores intentó empujarlo. —¡Ya déjenlo! —intervino José y le abrió paso a Juan, quien se marchó en silencio. Su rostro se veía paralizado. Era como si estuviera ido de la mente.

—No podemos pelear con él, porque es el dueño del terreno, tenemos que pensar mejor las cosas —les dijo José, mientras detenía a los más enfurecidos.

Pronto la mayoría empezó a platicar y concluían en que tenían que juntar dinero para darle a Juan antes de que vendiera ese terreno a otra persona. —Antes de eso tenemos que venir a ofrendarle flores al guardián del agua, porque hemos atentado contra uno de sus hijos. Necesitamos hacer el ritual de la puesta de flores ya —dijo la señora mayor, pero la mayoría estaba más preocupada por el desabasto de agua que se avecinaba.

Esa tarde noche se sentía mucha tristeza en esa comunidad. En todas las casas se hablaba de lo que había ocurrido. En la casa de la abuela mayor, se sentaron alrededor del fogón mientras platicaban.

—¿Quién es el guardián del agua, abuelita? —preguntó la nieta de la señora, una adolescente apenas.

—El guardián se llama Apixki. Tiene forma de serpiente. Es muy grande. Vive entre los manantiales de agua. Tiene plumas alrededor de su cabeza. Siempre ronda los manantiales, vigilando que no peleemos por el agua. Él es el verdadero dueño del agua. Sus hijos e hijas también viven allí y debemos de respetarles —contestó la abuela—. Por eso me preocupa que no vayamos a ofrendarle

a la agüita, pronto, porque está dolida ahora —concluyó la señora y todos se levantaron con desesperanza. Todo el pueblo se fue a dormir.

Al día siguiente, sonó la campana apenas salió el sol. Toda la comunidad se reunió para dar su cooperación y empezaron a caminar hacia la casa de Juan. —Por favor, primero vamos a dejarle la ofrenda a la laguna —dijo la abuela, pero se negaron a escucharla. —Más tarde vamos, abuela, ahora lo urgente es ir a dejarle el dinero a Juan —dijo uno de los jóvenes.

La abuela se quedó ahí parada, a medio camino, mientras miraba a la multitud alejarse. Su nieta estaba junto a ella y le dijo: —Vamos nosotras, abuelita.

Ambas se metieron a su casa, prepararon un atole y cortaron flores de su huerta para ofrendarlas. Caminaron juntas hacia el manantial, las dos con flores en la mano y la mayor con un jarro lleno de atole y unos tacos recién preparados.

Mientras se acercaban, no escucharon el movimiento del agua. Apresuraron su paso y al llegar ya no había manantial. El agua se había ido. La abuela se desplomó y cayó hincada al suelo. No podía creer lo que veía. —Corre a decirles a los vecinos, díles que vengan rápido. ¡Corre! —dijo la abuela entre llantos.

La jovencita corrió hacia la comunidad y alertó a todos y todas de lo que estaba pasando. Rápidamente la comunidad entera se reunió alrededor del manantial. Se escuchaban muchos lamentos. Las mujeres mayores se arrodillaron y empezaron el ritual, colocando flores, atole y otros alimentos. Otras encendían velas. Toda la comunidad pedía perdón por lo que había pasado.

Al esconderse el sol, uno a uno se fueron retirando del lugar y la abuela se quedó hasta al final con su nieta. Miró hacia el manantial y le dijo: —No podemos obligarlo, mi señor guardián. Que sea lo que su voluntad mande porque nosotros hicimos mal, pero no se olvide de sus hijos e hijas, porque también padecerán si usted se va —dicho esto, la abuela se fue con su nieta.

Pasaron los días, semanas y meses. El agua jamás regresó y los habitantes volvían al lugar con la esperanza de que el agua regresara, pero no fue así. Tuvieron que padecer por lo que había pasado.

Es por esto que nuestras abuelas y abuelos nos enseñaron que no debemos faltarle al respeto al agua.

Tenemos que pedir permiso al meternos en su cauce, respetar a los hijos e hijas del guardián y evitar malgastar el agua. Nunca debemos negarla a alguien. Siempre debemos ser conscientes de que nosotros, nosotras, no somos dueños o dueñas de nada de los que nos rodea.





Semillas heredadas

Karla Rodríguez Cortés (Enid Farville)





Era una vez un pueblo muy lejano, llamado San Pablo Coapan, donde sus habitantes acostumbraban a sembrar diferentes cultivos, como frijol, café, maíz, entre otros, pues la tierra era muy prodigiosa. Un día, un señor llamado Juan decidió sembrar un tipo de chile serrano al que lo llamó “chile san pableño”, de manera que

comenzó a esparcir la semilla en un espacio limpio de hierbas y, después de algunas jornadas, las plantitas empezaron a brotar de la tierra.

Diariamente, don Juan regaba su plantel para que las plantas de chile crecieran más rápido, hasta que se llegó el momento de cortar sus frutos. El agricultor estaba muy emocionado, ya que había logrado su cosecha; cosechó los chiles y, enseguida, mandó a sus hijos a venderlos. Al pasar varias horas, don Juan comenzó a preocuparse, pues estos no llegaban. Se preguntó dónde estarían, si les había pasado algo. Pasados unos minutos, sus hijos aparecieron muy emocionados, pues habían logrado vender todas las bolsitas de chile que su papá les había encomendado.

Pasó el tiempo y don Juan siguió sembrando el mismo chile, y cada vez incrementaban más sus clientes, ya que este tipo de pimienta tenía un sabor muy particular.

Una noche, aparentemente como las demás, llegó a su casa un grupo de turistas, lo que sorprendió a don Juan...

—¿Quiénes son?, ¿A quién buscan? —preguntó.

—Buscamos a don Juan, el señor que siembra chile san pableño, porque queremos que nos enseñe todo sobre el cultivo de este sabroso chile. ¡Queremos aprender! —exclamaron los turistas.

Don Juan, muy emocionado, asintió y continuó platicando con ellos. Al entrar a su casa, le comentó a su esposa, quien mostraba cierto recelo, “¿A qué se debía la visita de los turistas?

Al siguiente día, todos se levantaron muy temprano; mientras su esposa, doña Isabel, hacía comida y agua suficiente para los visitantes, y sus hijos y don Juan prepararon la tierra.

Los turistas llegaron y, de inmediato, comenzaron a presentarse, a lo que correspondieron los hijos de don Juan: el mayor se llamaba Jesús y tenía quince años; el segundo, José, de doce años y, la más pequeña, Renata, de seis años. Después, don Juan comenzó a explicarles el proceso de la siembra, al mismo tiempo que esparcía las semillas sobre la tierra, previamente preparadas, con la ayuda de sus hijos. Conforme realizaban la tarea, el campesino les explicaba y resolvía cualquier duda que tuvieran.

Llegó la hora de la comida y doña Isabel y su hija Renata comenzaron a servir sabrosos platillos; todo era delicioso. Eso decían los turistas, mientras hablaban de la enriquecedora clase que estaban recibiendo con don Juan. Una vez terminaron de comer, doña Isabel levantó la mesa y empezó a lavar los platos. Como de costumbre, lavaba los platos con muy poca agua, ya que había escasez por la falta de lluvia. Conscientes de la situación y con gran sentido de responsabilidad, siempre trataban de ahorrar el agua lo más que podían, de manera que les alcanzara para bañarse, limpiar, lavar ropa y demás actividades cotidianas.

Al anochecer, cuando terminaron de sembrar, los turistas se retiraron y la familia se organizó para cenar, bañarse y poder acostarse temprano, como habitualmente lo hacían, sin prácticamente requerir de la luz artificial.

Un amanecer, don Juan no se levantó de la cama. Decidió descansar un rato más, ya que se sentía un poco mal. Envío a sus hijos a trabajar con el chile: unos a cortar y otros a vender. Juntarían el dinero necesario para ir a ver al médico. En la tarde, en compañía de doña Isabel, acudió al consultorio. Después de checarlo, el médico guardó silencio por unos segundos, por lo que don Juan se preocupó y le preguntó:

—¿Todo está bien? ¿Pasa algo?

El galeno le contestó que tenía un problema grave en el corazón. Al saber que no había nada más que hacer, don Juan y doña Isabel no pudieron contener sus lágrimas.

Una vez en su casa, Jesús le preguntó a su mamá qué le ocurría a su papá. Doña Isabel decidió comentarles cuál era el diagnóstico, por lo que sus hermanitos comenzaron a llorar desconsoladamente. Después de un rato, Jesús les dijo a sus hermanos:

—No debemos llorar, mejor apoyemos a nuestros padres; yo, al ser el mayor, me comprometeré a poner en práctica todo lo que mi papá nos ha enseñado.

Al día siguiente, Jesús se levantó más temprano que nunca para continuar cuidando el chilar. Después se bañó y se fue al Teba, pues estaba estudiando el segundo semestre. Aunque se encontraba en clases, sus pensamientos estaban con su familia. Estaba tan triste que sus compañeros y sus maestros se percataron de que algo no estaba bien y le preguntaron qué le pasaba. Él, con lágrimas en los ojos, les contó y aprovechó para pedirles permiso de no asistir algunos días a la escuela, ya que a partir de ahora tenía que trabajar para sostener a su familia. Como Jesús era un estudiante muy bueno, los maestros aceptaron, siempre y cuando no descuidara sus estudios.

Días posteriores, al llegar a su hogar, Jesús vio que su papá había empeorado. Con toda la preocupación y tristeza, se encaminó para cuidar el chilar. Al volver del sembradío, después de comer, su papá le dijo que presentía que ya se acercaba su fin. Don Juan le dijo:

—Jesús, te voy a pedir un favor: quiero que te encargues de la familia como lo has hecho, que nunca los dejes solos; quiero que le sigas echando muchas ganas a la escuela, porque uno de mis mayores deseos es que en un futuro te conviertas en ingeniero agrónomo. —Jesús, con los ojos llenos de lágrimas, se lo prometió.





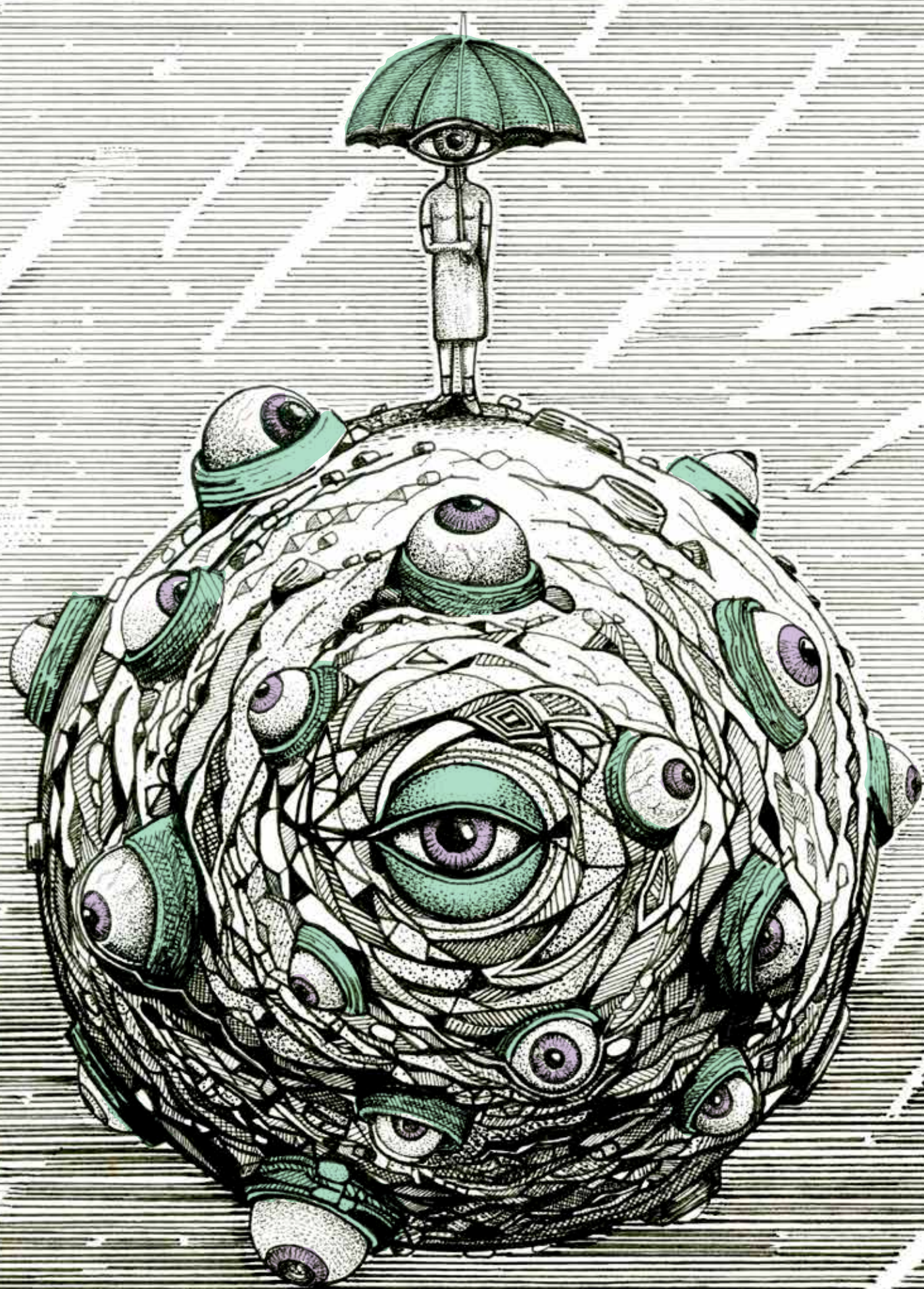
Era la hora de cenar y doña Isabel le habló a don Juan para que fuera a comer, pero este no le respondió, por lo cual lo fue a buscar y se encontró con la terrible escena: don Juan había fallecido. Todos estaban muy tristes y desconsolados, pero sabían que debían cumplir la voluntad de su padre, tenían que echarle muchas ganas, pues don Juan quería que salieran adelante y que no se olvidaran de seguir cultivando la tierra.

Después de un tiempo, Jesús pensó que, para continuar con el legado de su papá, podría influir en sus vecinos para que cultivaran el chile san pablo y así este cultivo siguiera formando parte de las mesas en la región. Para lograr su propósito, les contó a sus maestros que tenía un proyecto de sembrar chile en la escuela y que la cosecha la repartiría entre sus compañeros, a fin de obtener más semilla y poder reproducirlos. A los maestros les pareció una excelente idea y así lo hicieron.

**Tanto fue el éxito de este proyecto que,
con el paso de los meses, la escuela fue
seleccionada para instalar un macrotú-
nel agrícola para cultivar el chile en este.**

Todos los alumnos estaban comprometidos y entusiasmados con el proyecto, en el que participaron con gran entusiasmo. Jesús se sentía muy contento y sabía que con esto estaba cumpliendo con el legado de su padre.

Con el paso de los años, Jesús ingresó a la Universidad Veracruzana y se convirtió en un excelente agrónomo. Todas sus investigaciones las centró en el cultivo y difusión del chile san pablo.



EL LAMENTO DE LA ESTRELLA

Rosa María Romero García (Rosemary Raind)

La curiosidad es una cualidad que nos distingue como humanos y que nos lleva a explorar el mundo que nos rodea, a buscar nuestro papel en la vida y a imaginar fantásticas posibilidades. Sin embargo, también es la causa de muchos problemas y la fuente de muchas soluciones.

Los niños son el ejemplo más claro de la curiosidad, pues siempre están preguntando y aprendiendo cosas nuevas.

Si quieres ver el rostro de la curiosidad,
solo tienes que mirar al niño más cercano
que tengas.

William era un niño que tenía todo lo necesario para satisfacer su curiosidad: una buena situación económica y social, y un padre que era músico y estudioso, dispuesto a enseñarle todo lo que quisiera saber. Su apellido era Herschel y era el hijo mayor de la familia.

Pero William también tenía una hermana menor, Caroline Lucretia, quien no podía disfrutar de las mismas oportunidades que él. Su madre, Anna Ilse, la relegaba, la mantenía al margen de todo y no le permitía aprender ni desarrollarse como ella quería.

O eso era lo que su madre creía.

—¿Crees que mami se enoje si nos descubre?—preguntó susurrando la pequeña niña mientras su padre le pasaba por debajo de la puerta de su habitación un libro de matemáticas.

—Posiblemente, pero mami ahora está dormida, cariño—contestó con una ligera risilla—. Ayer nos quedamos en el capítulo cuatro...

En realidad, Caroline aprovechaba las noches de cuarentena por el tifus para que su padre le enseñara matemáticas y otras materias, por debajo de la puerta de su habitación. Así, su imaginación y su curiosidad crecían tanto que sentía que podía tocar las estrellas.

Las estrellas eran su fascinación.

Aunque sabía que eran bolas de gas
lejanas, le gustaba pensar que cada una le
pertenecía a alguien.



También aprendió que las estrellas se apagan. Cuando su padre murió, se acabó su educación y su madre la obligó a dedicarse a los quehaceres del hogar. Caroline dejó de soñar con el espacio y buscó otra forma de brillar: la música. Se convirtió en una magnífica soprano, pero no se sentía satisfecha. Seguía mirando al cielo con curiosidad.

Pasado el tiempo, el destino le dio una segunda oportunidad cuando, a los 22 años, se reunió con su hermano William en Bath. Al principio solo era su ama de llaves y su compañera de conciertos, pero poco a poco se fue interesando por el trabajo de su hermano, un astrónomo prodigioso.

Así, su hermano William logró ser un gran astrónomo y Caroline Lucretia su asistente y colaboradora, aunque esto último no era reconocido. Ella también amaba el espacio y lo veía como una bóveda llena de secretos y misterios. Aunque nadie lo reconociera, la joven trabajaba igual o más que él a puerta cerrada.

Un día, el primero de agosto de 1786, Caroline descubrió algo extraño entre las constelaciones de la Osa Mayor y de la Coma Berenices. Era una roca en el espacio.

—¿Una roca en el espacio? ¿Estás segura? —preguntó su hermano viendo por enésima vez el telescopio que apuntaba al hemisferio norte.

—Estoy segura —contestó Caroline sin siquiera mirarlo, pues estaba ocupada escribiendo en su bitácora su nuevo descubrimiento—. ¿Lo estás viendo tú mismo o es que acaso no confías en mí?

William se quedó callado. Era la primera vez que veía una roca como esa en el cielo y esa no sería la última vez que las vería. Su hermano llamó cometas a las rocas estelares y fue capaz de detectar otras en los años de 1788, 1790 y 1791.

Caroline siguió descubriendo cometas y nebulosas, mientras que su hermano recopiló sus hallazgos y escribió varias notas al respecto, dando méritos a su hermana.

Incluso la Royal Academy le otorgó una medalla de oro por su trabajo.



No obstante, cuando ella intentaba hablar de sus descubrimientos con otras personas, solo recibía desprecio e indiferencia.

“¡Vaya! Tu hermano es muy talentoso”.

“Sí, sí, ya te escuché. ¿No crees que estás alardeando demasiado?”.

“No todo en esta vida son estrellas, mejor enfócate en tu hogar”.

“¿Rocas estelares? Debes de estar loca para decir cosas así”.

“¿Una medalla a una mujer? ¿Qué sigue?”.

“Una medalla no te va a conseguir una familia, cariño”.

“Debe ser un honor para ti trabajar con alguien tan inteligente como tu hermano”.

“Lo lamentamos mucho, pero la pensión que le podemos ofrecer solo es de 50 libras, señora”.

Caroline Lucretia había dedicado su vida al estudio del espacio junto a su hermano William, el prodigioso astrónomo que había descubierto el planeta Urano. Ella había descubierto varios cometas y nebulosas, pero nadie le daba el reconocimiento que merecía. Siempre era la sombra de su hermano, la asistente, la ama de llaves, la cantante.

A los 86 años, recibió su segundo premio del rey de Prusia, pero ya no le importaba. Estaba cansada y decepcionada de un mundo que no valoraba su trabajo, ni su pasión.

—Esto no es nada que un perro bien entrenado no hubiera hecho —dijo Caroline, mientras salía de la sala donde se habían reunido unas pocas personas para celebrar su premio.

Su salud se deterioró después de aquella ceremonia. Parecía que su alma solo hubiera estado esperando un último aplauso para despedirse, igual que las estrellas que brillan más antes de apagarse.

Poco a poco, el brillo de sus ojos se fue extinguiendo, hasta que un día, el 9 de enero de 1848, Caroline Lucretia Herschel, la gran astrónoma, cerró los ojos para siempre, pero no murió:

**se convirtió en la estrella que iluminaría el
camino de otras mujeres que, como ella,
soñaban con el cielo.**





Inventario

José Manuel Morelos Villegas

MARIANA DEL CAMPO es una artista visual, esencialmente fotógrafa. No solo porque es egresada de la licenciatura en Artes Plásticas, opción Fotografía, de la Universidad Veracruzana, ni porque desde muy joven se relacionó con este oficio en el ámbito familiar. Para ella, fotografiar —e imprimir— es una forma de vida, una actitud, algo tan necesario como respirar o dormir. Decía Ansel Adams que “La fotografía es, más que una imagen, una historia que contar”, y eso es precisamente lo que hace Mariana del Campo, contar historias, a veces crear narrativas completas y complejas como en sus *collages* fotográficos digitales, en los que con base en la aplicación de capas superpuestas de imágenes yuxtapone, reitera, afirma o niega conceptos que dan lugar a obras abiertas en el sentido de Umberto Eco: “el lector reescribe el texto”, lo que aquí se corresponde con: “el espectador reconstruye la imagen”. En estos *collages* se advierte la adopción de posturas, de disposiciones de ánimo que pasan por lo afectivo y lo social.

Sus fotografías son más abiertas, más neutrales; en algún sentido, menos temáticas, si bien, como “... vemos no solo con nuestros ojos, sino con todo lo que somos y con todo lo que nuestra cultura es...”, como afirmaba Dorothea Lange, en ellas está su paso por la vida, su andary, con ello, sus experiencias, los relatos y correlatos que indirectamente expresan intereses, enfoques, preferencias, aprecio y afinidades. Un inventario, término que precisamente da nombre a esta muestra que se presenta en la Galería Fernando Vilchis, del Instituto de Artes Plásticas, del 29 de mayo al 11 de agosto de este año: *Inventario*.

Un inventario es una lista detallada de bienes, productos o materiales. El término evoca, casi automáticamente, la palabra invención, y esto es porque “inventario” proviene del latín *inventarium*, que significa “lista de lo hallado” o “catálogo de cosas”. La palabra deriva del verbo *invenire*, que significa “encontrar” o “hallar”, cuya raíz es *in-ventus*, que significa “lo que se ha encontrado”. En este caso, literalmente, lo que la mirada ha encontrado. Pero, también, si de la imagen hablamos, inventar refiere a lo creado, a lo descubierto. Hoy día, por supuesto, tenemos inventarios en distintos soportes análogos y digitales de toda clase de cosas, incluida la imagen fija, el audio y el video. No existe inventario sin registro, por lo que registrar es la clave, como pensaría Tina Modotti: “La fotografía, porque solo puede ser realizada sobre el presente y sobre lo que existe objetivamente frente a la cámara, se impone como el medio más incisivo para registrar la vida objetiva en cada una de sus manifestaciones. De ahí su valor documental...”.

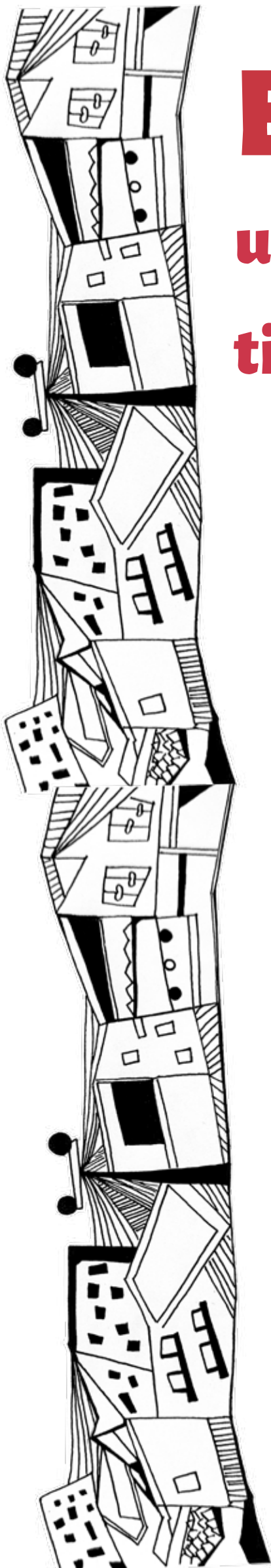


Este inventario de Mariana del Campo consiste en imágenes de mediano formato sobre la religión, la naturaleza, los viajes, las fiestas, las plantas, personajes, Xalapa (su ciudad adoptada y adoptiva), texturas de fachadas, Monterrey (su ciudad natal), Alvarado, Coyolillo, Veracruz, Tlacotalpan, la playa y Morocha, su perra, entre otras categorías. Las fotografías son resultado de encuentros, de encuentros inducidos o previsibles, de decisiones inmediatas y algunas con más cálculo. El inventario es también antología en tanto selección de obras con una finalidad específica, en este caso la exposición de que hablamos, cuyo rasgo más significativo es el color, independientemente del asunto. El color es, probablemente, el imán fundamental para atraer el ojo de la artista, evidentemente el matiz, la luminosidad o valor y la saturación que proviene de sujetos y objetos de la realidad, que poseen, además, otros atributos, como los propios de la naturaleza o aquellos que se asocian con distintas significaciones contextuales. Algo se verá en escala de grises. Mucho es “índice”, en el sentido de Peirce; todo es huella: cada imagen tiene una relación real de proximidad con el sujeto o el objeto, obviamente por lo que re-presenta, pero también por quien hace la re-presentación.

La artista, que ha participado, entre colectivas e individuales, en más de treinta exposiciones en diversas ciudades de México y en países como Canadá, Colombia, España y Holanda, no se caracteriza por exteriorizar complejas reflexiones en torno a su trabajo ni hacer declaraciones (*statements*) elaboradas para impresionar al público. Su lenguaje es la fotografía, la imagen, que soporta, construye y comporta mensajes.

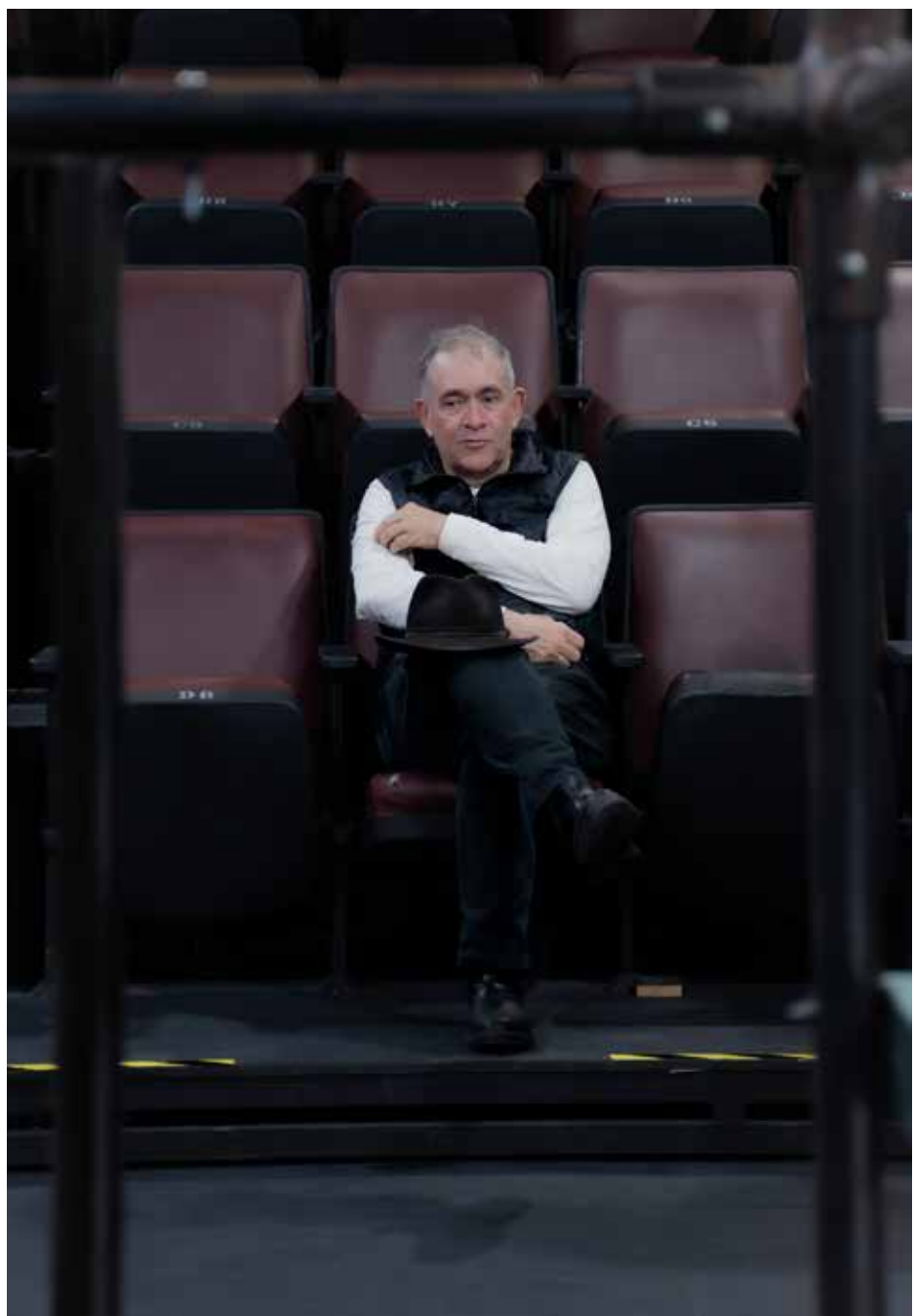
Mariana del Campo no busca una unidad temática ni estilística con las imágenes de *Inventario*. No es un conjunto predeterminado de obras suscritas a un tema o pensadas para una muestra. Son el producto de momentos, de episodios singularizados cuyo denominador común es la disposición de fotografiar con calidad. Escribió Susan Sontag: “El resultado más importante del empeño fotográfico es darnos la impresión de que podemos contener el mundo entero en la cabeza”. Quizá, esa es la idea.





El teatro: una maquinota que tienes que ir probando

Para este número de *Pregones de Ciencia* quisimos escuchar una voz experta y de larga trayectoria en un arte milenario, el teatro. Mario Espinosa Ricalde, es el director artístico de la Organización Teatral de la Universidad Veracruzana (Orteuv). Nos recibió en el icónico recinto donde se presentan obras, se imparten talleres, se reúnen actores, público, dramaturgos, creadoras, desde 1979. Aquí conversamos sobre qué es el teatro, Estridentópolis y la inteligencia artificial, donde el hilo conductor es la experiencia del maestro Mario Espinosa.



Editoras: Mario, ¿qué estudiaste? ¿Cómo te acercaste al teatro?

Mario: Ah... mi vida es complicada. Yo soy de familia de músicos, estudié música hasta la prepa, pero en la universidad primero estudié economía. Y ya estando en la universidad, estudiando economía, estaba en el taller de teatro y después de terminar economía y trabajar un poco de economía, me metí al teatro y estudié teatro.

Entonces, soy director de teatro por un lado y economista por otro.

Editoras: ¿En algún momento se cruzan esas dos cosas? ¿La economía para qué te sirve en el teatro?

Mario: Pues todo tiene que ver con la economía, todo cuesta. Y lo que no cuesta es que alguien lo está subsidiando, así que... Yo creo que me ha sido útil, porque he sido director de escena, pero también he sido gestor de muchos proyectos. Fui coordinador de teatro, dirigí los teatros del IMSS en algún momento, dirigí el Fondo Nacional para la Cultura de las Artes, todo el sistema de apoyos a creadores, no solo teatreros, sino de todos. Y también fui director del Centro Universitario de Teatro de la UNAM durante un tiempo; entonces, sí, todo se junta.

Editoras: Bueno, según tenemos entendido, tiene usted muchas puestas en escena. ¿Cuál es su favorita?

Mario: Pues tengo varias, tengo varias favoritas. Depende de qué época y depende de... Tengo mis favoritas, tengo las que no me gustan y las que sí; al final hay del todo. De principio es *De la mañana a la medianoche*, es un texto de un autor alemán, Georg Kaiser; es una obra expresionista alemana; tiene tantos personajes, que terminamos haciéndolo con una música de cámara, con un piano, cuatro actores. Eso me gusta, es una de las primeras.

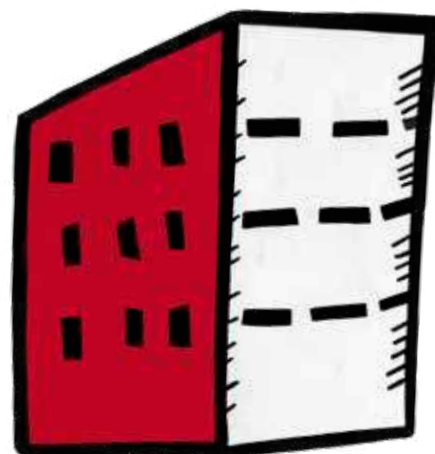
Y luego del principio, también hice *Palinuro en la escalera* de Fernando del Paso, la hice dos veces. Una vez en los cincuenta años del 68 y otra en los veinticinco años del 68. Luego, he hecho cosas relacionadas con la ciencia. Hice una obra que se llama *Copenhague*, el entorno es la física cuántica, pero de lo que se habla es del proyecto occidental y el alemán de la bomba atómica. Entre los personajes eran Werner Heisenberg y Niels Bohr. Una obra que tuvo más de un año de temporada. Le fue muy bien. Y luego, otra, se llama *Arte*.

También he hecho ópera. He dirigido óperas mexicanas, óperas tradicionales, clásicas, italianas, francesas. Yo quería que me tocara una alemana, pero no me ha tocado.

Luego, recientemente he estado trabajando en una técnica que se llama *verbatim*, que es sobre una técnica de teatro documental donde tú grabas a los entrevistados, con la autorización de ellos, por supuesto, o tomas materiales que son de dominio público; haces un proceso de escritura que es como de edición, y luego los actores y las actrices, a través de audífonos, pequeños o muy presentes, hacen como si fueran médiums. Los proyectos [que hice] son sobre los enfermos de lepra en Ecuador y Colombia. No son los únicos lugares, pero son donde todavía había vestigios, había personas que habían sobrevivido al tratamiento que se hacía antes, que era prácticamente un campo de concentración, y eran aislados, y eran visibilizados, entonces todos sus testimonios. Ya muchos de ellos murieron, pero hice algo con eso. Durante la pandemia, que además había una relación del encierro de entonces con el encierro que le imponían a los enfermos de lepra.

Y hice otra aquí, en Xalapa, sobre racismo.

Era más bien de debate, no era tanto una obra de teatro sino una serie de testimonios para debatir la idea, de darnos cuenta de qué tan racistas o no tan racistas somos.



Le preguntamos a Mario Espinosa sobre el diseño de La Caja, el teatro donde realizamos la entrevista, pero también de “caja”, el concepto de diseño del nuevo recinto de la Orteuv, inaugurado a finales de noviembre de 2024.

Editoras: Cuando se habla de *experiencia común* en el teatro, llama la atención precisamente “la caja” como espacio arquitectónico. Y pensamos en el nuevo teatro, Estridentópolis, esa experiencia común, en el sentido de que todos están muy cerca del escenario, todos están en esta manera, parece demasiado cercano. Dínos, Mario, ¿qué es este nuevo teatro y por qué deciden construirlo de esta manera? ¿Será que está comprobado que el público se siente de tal manera o que está comprobado que en esta arquitectura hay un acercamiento? ¿Qué sensación o cómo acerca al público a lo que está en el escenario?

Mario: Bueno, hay que entender primero de dónde viene el teatro.

En su origen, fue un vehículo de masas. Era el medio de comunicación de masas, por excelencia.

No había uno más grande, era el más grande de todos. Ahora ya no, ahora es ridículo, porque ahora puedes conectarte en la red o ver la televisión, el teléfono, lo que quieras. Hay mil medios que consiguen millones de personas al mismo tiempo, en la red, diferentes personas simultáneamente. Entonces, el papel del teatro comparado con el pasado, ha cambiado. Ahora digamos que es el lugar más íntimo. Pasó del lugar de masas al lugar más íntimo. Entonces, hay diversas formas de generar esta intimidad, es la cercanía de la experiencia. Porque una imagen cinematográfica o televisiva no genera este encuentro que produce de alguien cerca de ti, con su cuerpo y sus emociones. Esa es una experiencia única. Entonces, estas cajas lo que han posibilitado es jugar con mayor libertad dentro de esa cercanía.

Este es un lugar divino [el teatro La Caja], pero no fue hecho para teatro. De hecho, es muy chaparro. Era como un laboratorio, me parece, de química. Era de química hace cuarenta y tantos años. Fue tomado y fue arreglado para teatro.

Y los espacios teatrales como caja tienen algo; aunque no tienen la altura, tienen dos cosas importantes. Tienen una buena dimensión para el teatro de cámara, es decir, que tú te conectas con mucha intensidad con lo que está pasando. Para bien y para mal, porque si es horrible lo que estás viendo, lo sufres más al estar muy cerca, y si es fantástico, te mueve el piso, te conmueve, pues es más fuerte, porque lo tienes ahí a un par

de metros. Por supuesto, está *Estridentópolis* [la obra teatral] que ponemos cada semestre. Pues están casi a tocar. El teatro nuevo, también llamado Estridentópolis, es una caja también, nada más que una que ya tiene la altura que necesita y que tiene más butacas. No se pidió un teatro con mil butacas o con ochocientas butacas. En este teatro dependerá cómo pongas las butacas, será de 150 o máximo 270. Depende si lo pones solo frontal o lo pones de tres lados. Entonces es una caja también. También es íntima, pero es otro tipo de intimidad. Ya tienes que proyectar más.



En el teatro siempre se proyecta, o sea, tú tienes que tener esa vida como interior o eso que estás trabajando, pero tienes que sacarlo de ti y que llegue hasta el espectador. En la televisión o en el cine, la cámara lo hace por el actor. La cámara, de alguna manera, se mete por los ojos... por los ojos, la boca, las orejas, quién sabe cómo, y va y capta lo que tienes. En el teatro no, por cerca que esté, tienes que proyectar. Si estás aquí, tienes que proyectar dos metros. Pero si estás en el teatro nuevo, tienes que proyectar ya no dos metros, tienes que proyectar quince metros. Si estás en uno de mil, pues tienes que proyectar treinta metros. Entonces va cambiando la forma de actuación, la forma de proyectar la voz. Pero sigue siendo un encuentro íntimo con el espectador, porque, aunque haya mil u ochocientos, pues sigue siendo algo muy cercano.

Lo que nos va a permitir el teatro grande es que técnicamente vamos a obtener mayor libertad. Vamos a obtener altura, tenemos un equipo más contemporáneo; los actores tendrán camerinos como Dios manda; aquí [en La Caja] tenemos dos lugarcitos divididos; allá el público no se asfixiará de calor; en fin, está mejor. Además, tenemos más butacas, o sea, podemos atender a más gente. No es tanta gente. El teatro del Estado es dos salas, tiene más espectadores. Pero tampoco Xalapa es una ciudad tan gigante. Entonces yo creo que el tamaño está bien. Nos va a permitir hacer los mismos experimentos, búsquedas y demás, pero en un teatro más cómodo.

Ahora un teatro nuevo es como los barcos o el tren que acaban de hacer [el Tren Maya]. Tienes que irlo probando. Una maquinita que tienes que ir probando.

La idea de los teatros es como una caja mágica, puedes hacerlo fuera del teatro. De hecho, uno de los teatros griegos, es como un abanico y un escenario. Tenían muy buena acústica y jugaban un poco con las luces, pero lo hacían con antorchas, con velas y poquito, porque no eran tan potentes esos medios como los de ahora. Entonces, con el tiempo, esas cajas se fueron cerrando completamente para que tú pudieras jugar como con una caja mágica. Luego, en esas cajas pusieron iluminación de velas y de gas, lo cual era sumamente peligroso. Se quemaban los teatros a menudo. Pero esas cajas mágicas te permitían enfatizar lo que querías que el espectador viera. Porque si estás fuera del teatro, pues te distraen muchas cosas en el teatro. La mirada te la dirigen a través de la acción y a través de la acción dramática y de la iluminación que dice qué ver y qué no ver. Entonces, cuando se inventa la luz eléctrica y ponen...

Los teatros eran un lugar tan de convivencia que ni siquiera se oscurecía la sala. Había luz en el escenario y había luz en los espectadores. Se trataba de que la gente se reuniera, platicara, comiera, que tuvieran amantes, hicieran política, todo, mientras se estaba desarrollando ahí un relato. Además, era larguísimo. Normalmente se tardaban cinco o seis horas. El tiempo transcurría diferente.

Había toda una vida alrededor de un espectáculo.

O, por ejemplo, en los tiempos de Shakespeare en los palcos estaba la gente que tenía dinero y quería alejarse de la plebe, pero en medio estaba la plebe y la plebe estaba parada y gritaba y arrojaba cosas. Era otra forma de disfrutarlo.

En el siglo XIX se inventa la luz eléctrica y lo primero que se hace es apagar la luz de sala, es decir, se volvió como que la vida entre la gente y el espectador ya no era tan importante como lo que estabas viendo y te obligaba a concentrar la atención. Entonces las cajas, incluso los teatros frontales son cajas; son cajas mágicas donde tú puedes, de alguna manera, controlar lo que presentas y dirigir la atención del espectador y, bueno, por eso nos gustan las cajas. No sé si eso tiene que ver, no tiene que ver [con la pregunta].

Es relacionarse con otros con nuestros cuerpos, con nuestras ideas. El teatro fue durante siglos como la escuela sentimental. Lo sigue siendo en una escala, porque ahora es la escuela sentimental para mí y para más. Está en plataformas, en las redes, está en otro lado, pero esta escuela sentimental que es de presencia, es única y lo hace la danza también. Alguien que no se puede mover, que no puede estudiar bien, que no puede explicar una idea es que está... que le hace falta adquirir esas habilidades porque deberíamos tenerlas todos, ¿no?



Figura 1. Cartel elaborado por Lila Áviles. Cortesía de Orteuv.



Figura 2. Cartel elaborado por José Luis González. Cortesía de Orteuv.

Editoras: Bueno, tengo que hacer la pregunta obligada y de moda ¿cómo se relaciona con la inteligencia artificial?, ¿tú cómo lo ves? En la literatura hay gente que está creando con inteligencia artificial o en la foto, ya ha habido concursos donde resulta que gana alguien que usó la IA, ¿qué pasa en el teatro?

Mario: No sé cómo se vaya a resolver y tiene cosas horribles. Tiene un potencial enorme, pero puede ser o catastrófico o simplemente ser una herramienta más; no lo sabemos. Normalmente cuando aparece algo nuevo en el panorama, pensamos que puede ser catastrófico y sí, sí lo puede ser, pero también puede ser de ayuda; no sé. Me da un poco más de temor, pero hay que estar abiertos, no es algo que puedas negar, pero ha habido varias cosas; primero hay una obra que ahora está “jugando” en México, jugando en inglés [*play*] En alemán, se dice jugar, que es como jugar. Se puso en escena *Inteligencia Actoral*, una obra que escribió el autor de *Trotsky*, se llama Flavio González Mello, y es sobre un actor que tiene que hacer una película y entonces al mismo tiempo tiene que ensayar *Hamlet* y pone un robot y le dice a los demás que este hará su papel y el director no distingue si es el robot o es el actor y se hace una obra estupenda. La obra la dirigió él mismo [González Mello] y, por otro lado, empieza a aparecer el tema de manera recurrente en los escenarios. Es algo para reflexionar porque el teatro es lo que presenta, lo que comparte con el espectador, pues es

la vida que ocurre, los asuntos que nos preocupan. Y, por otro lado, en Japón apareció una actriz robot como si fuera sustituir al actor o la actriz.

No sé qué vaya a suceder, pero espero que eso no ocurra porque lo hermoso del teatro es que es la relación entre el arte de la persona, de persona a persona, el que ve o el que está como espectador, y la persona que está o las personas que lo están llevando a cabo, pero el camino pues... estará después; estamos en el principio de eso, vamos a ver qué pasa.

Finalmente, Mario Espinosa comparte el programa próximo de Estridentópolis.

Mario: En La Caja, tenemos obra tres días a la semana y en el teatro nuevo vamos a tener la primera obra el 30 y 31 de mayo. El último fin de semana de mayo, estrenamos el teatro con una obra mandada a hacer, con un director mexicano que la escribe y la dirige, muy juguetón con los actores, y luego la segunda obra es la que voy a hacer yo, que se llama *Peer Gynt*, una obra basada en un texto dramático de Henrik Ibsen, un autor noruego y son las dos las que estamos preparando para antes del fin de año. Luego viene una de Tlacotalpan que se llama *Ojo de perdiz*, que la escribió y dirigió una de las actrices de la compañía. Son estos tres proyectos grandes, todos son grandes.



Directorio de colaboradores

1. Microplásticos: nuevo peligro invisible

Tilahí Hernández Morales
Facultad de Ciencias Químicas, región Orizaba
Universidad Veracruzana

Haydee Eliza Romero Luna
Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Orizaba

Francisco Erik González Jiménez
Tilahí Hernández Morales
Facultad de Ciencias Químicas, región Orizaba
Universidad Veracruzana

Audry Peredo Lovillo
Tilahí Hernández Morales
Facultad de Ciencias Químicas, región Orizaba
Universidad Veracruzana
Autor de correspondencia: auperedo@uv.mx

2. El maguey pulquero: un viaje desde el pasado

Ángel Isauro Ortiz Ceballos
Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA)
Universidad Veracruzana
angortiz@uv.mx

Rogelio Lara González
Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA)
Universidad Veracruzana
roglara@uv.mx

3. Brujas, fantasmas y vampiros en los inicios de la ciencia experimental

Viridiana Platas Benítez
Instituto de Filosofía, Universidad Veracruzana
vglatas@uv.mx
<https://orcid.org/0000-0002-6169-693>

4. Árboles de lapacho: nuevo capítulo en el desarrollo de fármacos

Mario Antonio Vera Guzmán
Doctorado en Ciencias Biomédicas
Centro de Investigaciones Biomédicas
Universidad Veracruzana

Manuel Eusebio Medina López
Centro de Investigación en Micología Aplicada
Universidad Veracruzana

5. Teoría de grafos y algunas aplicaciones: matemática útil en la vida diaria

José Sergio Durand Niconoff
Instituto de Ciencias Básicas
Universidad Veracruzana
sdurand@uv.mx

Myrna Hernández Matus
Instituto de Química Aplicada
Universidad Veracruzana
myhernandez@uv.mx

Sergio Francisco Juárez Cerrillo
Facultad de Estadística e Informática
Universidad Veracruzana
sejuarez@uv.mx

6. Colorear al cerebro. Un truco para estudiarlo

Jesica Jocelyn Cortés Cortina
Instituto de Neuroetología
Universidad Veracruzana

Laura Mireya Zavala Flores
Centro de Investigación Biomédica del Noreste IMSS
Monterrey, Nuevo León

Abril Alondra Barrientos Bonilla
Coordinación Universitaria para la Sustentabilidad
Universidad Veracruzana

7. La magia de la ligación: paso crucial en la clonación

Diana Lizzet Murrieta León
Estudiante de Doctorado en Ciencias Biomédicas
Universidad Veracruzana
zs23000356@estudiantes.uv.mx

Patricia Rosales Flores
Estudiante del programa Químico
Farmacéutico Biólogo
Facultad de Ciencias Químicas, región Orizaba
zs21005455@estudiantes.uv.mx

Aracely López Monteon
LADISER Inmunología y Biología Molecular
Facultad de Ciencias Químicas, región Orizaba
Universidad Veracruzana
aralopez@uv.mx

8. Atajos peligrosos para un físico ideal:

esteroides anabólicos y sus riesgos

Jorge Santana Ríos González
Estudiante de la Licenciatura en Medicina
Facultad de Medicina, región Orizaba
Universidad Veracruzana
zs20007075@estudiantes.uv.mx

Krystal Dennice González Fajardo
Doctora en Ciencias de la Salud
Facultad de Nutrición, región Xalapa
Universidad Veracruzana
krgonzalez@uv.mx
<https://orcid.org/0000-0003-2034-5535>
Autora para correspondencia

9. Se weyi owihkayotl ipan atzintli /

Un gran problema sobre el agua

Gabriela Citlahua Zepahua
Estudiante de la Maestría en Lengua y
Cultura Nahuatl
Universidad Veracruzana Intercultural
citzep92@gmail.com

10. Semillas heredadas

Karla Rodríguez Cortés (Enid Farville)
Participante del Primer Encuentro de
Escrito Divulgativo de Ciencia

11. El lamento de la estrella

Rosa María Romero García (Rosemary Raind)
Participante del Primer Encuentro de
Escrito Divulgativo de Ciencia

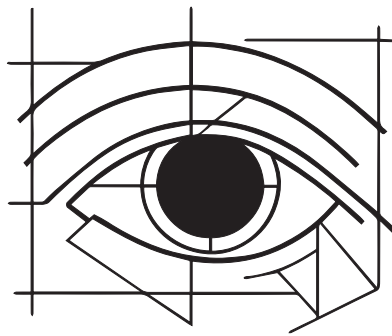
12. Inventario

José Manuel Morelos Villegas
Instituto de Artes Plásticas
Universidad Veracruzana

13. El teatro: una maquinota que tienes que ir probando

Entrevista a Mario Espinosa Ricalde
Director de la Organización Teatral de la Universidad
Veracruzana

En portada, Metamorfosis plástica, de José Manuel Morelos Villegas.
Collage digital y fotografía, 2025, Xalapa, Ver.



Pregones de Ciencia. Por una cultura científica común / *Revista multidisciplinaria de ciencia y arte*, No. 6, una publicación semestral enero-julio 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 julio 2025.

