



Facultad de Estudios Superiores Aragón

No. 16 Año 8 Julio-Diciembre 2024

<https://publicaciones.aragon.unam.mx/ojs/index.php/paciencia/index>

PaCiencia Pa'Todos



Ciencia, Educación, Tecnología y Cultura a tu alcance

Número dedicado al

AGUA

NUESTRO VITAL LÍQUIDO

Visita el sitio



Editorial.....4

Ma. Andrea Trejo Márquez

Techne Techne.....10

**Desde la fórmula hasta el frasco:
La importancia del agua en Farmacia**
María Cristina Benítez García

**Física Médica: Cuando la ciencia
y la salud se encuentran**
Diego Estrada Luna

De la probeta al reactor.....21

Secretos del Agua: Parásitos y Peces
*Víctor Johan Acosta Pérez, Jesús Benjamín Ponce Noguez,
Andrea Paloma Zepeda Velázquez, Jorge Luis de la Rosa
Arana, Fabián Ricardo Gómez de Anda*

**Los impactos de asteroides en la Tierra y su posible
contribución al origen de la vida.**
*Luisa Ramírez Vázquez, Guadalupe Cordero Tercero,
Jorge A. Cruz Castañeda*

**Descifrando los Enigmas de la Vida:
Organismos Modelo en la Investigación Científica**
*Yolanda Camacho Villasana, Adolfo Armando Rayas
Amor, Rosy Gabriela Cruz Monterrosa y
Rigoberto Vicencio Pérez Ruiz*

Esteroides: Cuando pagan justos por pecadores
*María del Pilar Cañizares Macías y
Martin A. Iglesias Arteaga*

**¿Qué nos revela la tinción de Gram?
Explora el microcosmos bacteriano**
*Isaac Dario Loera Almuina
y Susana Aideé González Chávez*

**Termorregulación: La ciencia detrás del equilibrio
térmico en los animales**
Víctor Manuel Díaz Sánchez y Rosa Helena García Moreno

**Vivir para germinar: La Ciencia detrás
de la longevidad de las semillas**
*Rojas-Raya, M. A., Ávila-Hernández,
C. A. y Raya-Pérez, J.C.*

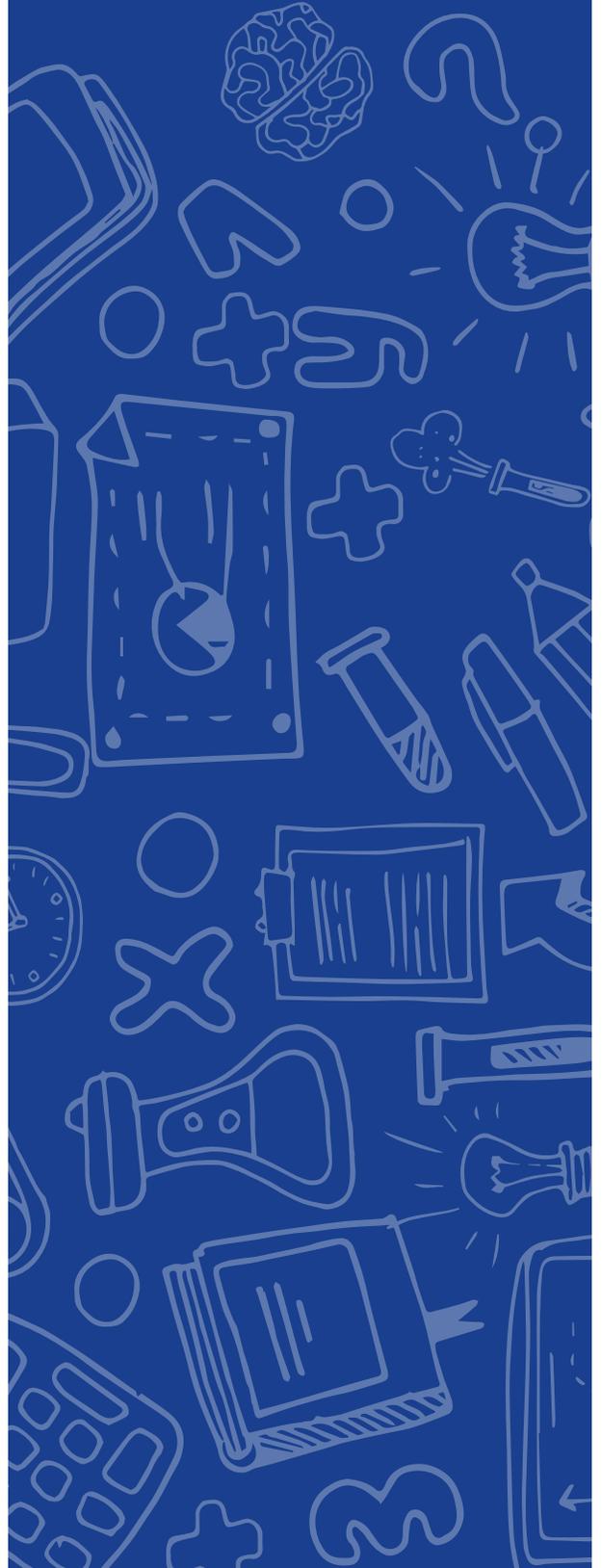
**Genética en Acción: Selección y Cruzamiento para
Mejorar Razas Ovinas**
Víctor Manuel Díaz Sánchez, Rosa Helena García Moreno

Educare.....71

¡Qué increíble es la ciencia del Agua!
Raygoza Trejo Ángel y Ortiz Hernández Elisa

**Agua virtual: el recurso invisible que impacta nuestra
vida diaria**
Pilar Rodríguez Arcos, Paola Montalvo García

**PaCiencia
Pa'Todos**



La obesidad sarcopénica en mujeres y su relación con el síndrome metabólico

*Alejandra Benavides Zendejas
y Eneida del Socorro Camarillo Romero*

El valor educativo de una huerta sostenible escolar.

*Miriam Reyes Tovar, Angie Tatiana Ortega Ramírez
y Arley Lidia Moreno Robledo*

La conciencia en la ciencia.....97

El papel del papel de baño tras usarlo en el lugar del baño donde no me baño

Julio César Morales Mejía

Del agua a tu cuerpo: nanopartículas al acecho

Mariana Herrera-Rodríguez, Carmen Ximena Martínez Escutia, Estefany I. Medina-Reyes, Yolanda I. Chirino

Humanitas.....109

Una antigua expedición biológica por la ribera del río Papaloapan

Lázaro Guevara

Desigualdades y conflictos por el agua en México: ¿hacia dónde debemos ir?

Gonzalo Hatch Kuri

Encuentros con la ciencia.....121

Cuidando el agua del futuro: El trabajo en la planta de tratamiento de aguas residuales de FES Acatlán bajo la mirada del Dr. Omar Reyes

Francisca Alicia Rodríguez Pérez

El puma culto.....128

La grafía del agua

Daniela Velázquez Ruiz y Alma Elisa Delgado Coellar

Crisis hídrica: Concientización en imágenes sobre el cuidado del agua

Claudia Arellano Vázquez

Un catador, ¿Nace o se hace?

Rosa Hidemi Ortega Armenta

Echemos el Chal.....162

Amor y ciencia: la vida y logros de Gerty y Carl Cori

Carolina Rico Barriga

Cultivando Milagros: vírgenes y santos que lloran sangre

Raquel Aguilar Rosales

El Rincón de Clío.....170

El culto a Tláloc: el agua y las plantas de ofrenda entre los Mexicas

Alejandro Torres-Montúfar

¿Qué leo?.....176

Una aventura de otro mundo

Ma. Andrea Trejo Márquez

Cinema Paradiso.....178

Se acabó la última gota de agua:

Del cine al Derecho Humano

Alfredo Noguez Guzmán



Consejo Editorial

Ma. Teresa Acosta Carmentate

Jorge Bello Domínguez

Paola Edith Briseño Lugo

Alma Elisa Delgado Coellar

Rafael Fernández Flores

Liliana García Rivera

Josué Yasar Guerrero Morales

Edison Omar Martínez

Julio César Morales Mejía

Selene Pascual Bustamante

Alma Luisa Revilla Vázquez

Jorge Luis Rico Pérez Francisca

Alicia Rodríguez Pérez

Ma. Magdalena Sarraute Requesens

María Andrea Trejo Márquez

María Gabriela Vargas Martínez

Editora Responsable

María Andrea Trejo Márquez

Diseño Editorial

Alma Elisa Delgado Coellar

Editorial

El agua es un recurso fundamental para la vida de nuestro planeta, pero en la actualidad enfrentamos una crisis hídrica global que amenaza nuestra existencia como la de numerosos ecosistemas. El acceso al agua potable es un derecho esencial, sin embargo, en muchas regiones del mundo, incluyendo México, este recurso vital está en peligro, poniendo en riesgo la salud pública.

En México, la escasez de agua afecta a millones de personas, y la demanda sigue en aumento conforme crece la población. La disponibilidad de agua se ve comprometida por múltiples factores, como la sobreexplotación de acuíferos, la contaminación de fuentes naturales y los efectos del cambio climático, que altera los patrones de lluvia y reduce el acceso a este líquido vital. Además, se suma el mal uso y manejo inadecuado de este recurso por parte de algunas industrias, que no solo contaminan cuerpos de agua, sino que consumen grandes cantidades sin implementar planes de gestión sostenible.

La educación juega un papel fundamental en la promoción de una cultura del cuidado del agua, donde cada persona sea consciente de la importancia de este recurso y comprender cómo su mal uso puede impactar a futuras generaciones. Del mismo modo, las políticas públicas y la innovación tecnológica son esenciales para asegurar la preservación y distribución justa del agua. Esto incluye el tratamiento adecuado de aguas residuales, la optimización de sistemas de riego, y la protección de los ecosistemas que garantizan la recarga natural de las fuentes de agua.

La crisis hídrica no es un problema aislado, sino una realidad que afecta a todo el mundo. Abordarla requiere de un esfuerzo conjunto entre gobiernos, ciudadanos, y el sector privado, para asegurar que este recurso tan valioso se utilice de manera sostenible y equitativa.

En este número de **PaCiencia Pa´Todos** buscamos sensibilizar al lector sobre la crucial importancia del agua, destacando tanto la situación en México como a nivel global, e invitando a una reflexión profunda sobre la necesidad de un manejo responsable de este recurso vital. Los artículos reunidos exploran diversas facetas del tema del agua, su relevancia en múltiples disciplinas y los retos que enfrentamos para garantizar su preservación.

En **Techne Techne** podrás leer “Desde la fórmula hasta el frasco: La importancia del agua en Farmacia,” donde María Cristina Benítez García examina cómo el agua es un componente esencial en la preparación de medicamentos, subrayando su papel fundamental en la salud humana.



dades y conflictos por el agua en México: ¿hacia dónde debemos ir?”, Gonzalo Hatch Kuri describe las profundas desigualdades en el acceso al agua en México. Además, señala cómo vivimos en una democracia simulada en la toma de decisiones en el sector hídrico, la subregulación del agua subterránea y analiza las oportunidades para formular una nueva política pública del agua, así como una Ley General de Aguas que garantice el Derecho Humano al Agua y al Saneamiento.

En **Encuentros con la ciencia**, ampliamos el tema con una interesante entrevista sobre “Cuidando el agua del futuro: El trabajo en la planta de tratamiento de aguas residuales de FES Acatlán bajo la mirada del Dr. Omar Reyes”. En ella se destacan los esfuerzos por limpiar y conservar este recurso vital desde el campus universitario, así como el compromiso de la UNAM por construir una universidad verde.

En el **Puma Culto**, Claudia Arellano Vázquez, en su trabajo “Crisis hídrica: Concientización en imágenes sobre el cuidado del agua” utiliza el arte visual para recordarnos la importancia de proteger este recurso. Por otro lado, en “La grafía del agua”, Daniela Velázquez Ruiz y Alma Elisa Delgado Coellar exploran el simbolismo del agua en logotipos, campañas publicitarias, fotografía, medios editoriales y muchos otros ámbitos. Este elemento evoca pureza, frescura, sostenibilidad, vida, pero también a desastre, escasez y contaminación, reflejando matices críticos de las dinámicas sociales. En este contexto, los diseñadores tienen la responsabilidad de destacar la importancia de su conservación y uso sostenible a través de infografías, ilustraciones, interfaces; utilizando la belleza natural del agua para explorar sus connotaciones emocionales, filosóficas, sociopolíticas y culturales.

En el **Rincón de Clío** también aborda temas relacionados con el agua. “El culto a Tláloc: el agua y las plantas de ofrenda entre los Mexicanos”, Alejandro Torres-Montúfar analiza cómo las civilizaciones antiguas reverenciaban este recurso vital.

En **Echemos el Chal** encontrarás dos trabajos interesantes: “Cultivando Milagros: vírgenes y santos que lloran sangre” de Raquel Aguilar Rosales y “Amor y ciencia: la vida y logros de Gerty y Carl Cori” de Carolina Rico Barriga, ambos relatos fascinantes de hechos de ciencia narrados de manera sencilla y amena.

¿Qué leo? te invita a disfrutar de nuestro próximo suplemento, “Aventura de otro Mundo” fue creado por Esteban Calvario y Yessica Nieto, con ilustraciones de Sandra Careaga, y bajo la dirección de Jazmín Flores Monroy y su equipo. Estos autores y científicos han logrado combinar perfectamente la narrativa y la ciencia, creando una experiencia de lectura única que encantará tanto a los pequeños como a los adultos.



En **Cinema Paradiso**, Alfredo Noguez Guzmán muestra como el cine mexicano de las décadas de los treinta, cuarentas e incluso buena parte de los cincuenta trata el tema de lagos, ríos, lagunas, pero sobre todo el acceso al agua para consumo personal en las pequeñas poblaciones que fungieron como el centro de atención del cine en películas emblemáticas como *Río Escondido*.

Por otra parte, en las distintas secciones encontrarás interesantes contribuciones de diversos temas como: “Física Médica: Cuando la ciencia y la salud se encuentran”, Diego Estrada Luna describe cómo los avances de la medicina moderna han sido posibles gracias a la física, la cual ha permitido el desarrollo de teorías, métodos y equipos el diagnóstico y tratamiento de diversas enfermedades. También, Luisa Ramírez Vázquez y sus colegas en “Los impactos de asteroides en la Tierra y su posible contribución al origen de la vida” exploran teorías que sugieren que los impactos de asteroides en nuestro planeta pudieron desempeñar un papel esencial en la evolución química y el origen de la vida. La evolución química se refiere a un período hipotético en el que se habrían formado y acumulado compuestos orgánicos de origen no biológico, fundamentales para los seres vivos actuales. Asimismo, Yolanda Camacho Villasana y colaboradores en el artículo “Descifrando los Enigmas de la Vida: Organismos Modelo en la Investigación Científica” discuten la importancia de algunos modelos biológicos utilizados en los laboratorios, destacando cómo cada uno ofrece respuestas a diferentes interrogantes biológicas.

Si te interesa el tema de los esteroides, pero los asocias con peligro o ilegalidad, el artículo, “Esteroides: Cuando pagan justos por pecadores” de María del Pilar Cañizares Macías y Martín Iglesias Arteaga es altamente recomendable. En él, explican cómo los verdaderos “pecadores” son los atletas que los usan de manera indebida para mejorar artificialmente su rendimiento y obtener una ventaja deshonesto. Por otro lado, si te fascinan el mundo de la microbiología, podrás aprender como identificar fácilmente diferentes bacterias presentes en el ambiente en el artículo ¿Qué nos revela la tinción de Gram? Explora el microcosmos bacteriano de Isaac Dario Loera Almuina y Susana Aideé González Chávez.

Para los estudiosos y amantes de los animales, se abordan temas de gran interés como “la termorregulación: La ciencia detrás del equilibrio térmico en los animales”, donde Víctor Manuel Díaz Sánchez y Rosa Helena García Moreno te explican cómo muchos procesos fisiológicos dependen de este mecanismo. Además, en “Genética en Acción: Selección y Cruzamiento para Mejorar Razas

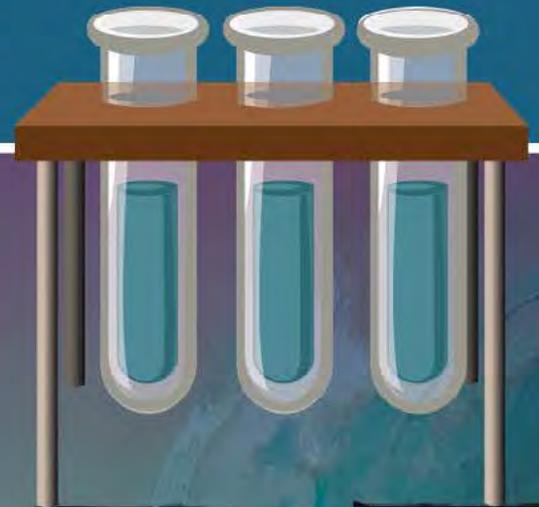




Desde la Fórmula hasta el Frasco:

La Importancia del **Agua** en Farmacia

María Cristina Benítez García



¿Por qué es importante el agua en Farmacia?

En el ámbito de las ciencias farmacéuticas el agua es el vehículo y/o excipiente más utilizado. Sus atributos fisicoquímicos le brindan una excelente capacidad como disolvente para solutos. Además, se debe tener en cuenta que se trata de un componente fisiológico y, por tanto, es tolerado por el organismo y no tiene toxicidad.

El agua tiene múltiples usos farmacéuticos, incluyendo:

- Vehículo de muchos de preparados farmacéuticos
- Líquido de lavado.
- Medio de transferencia térmica.

¿Qué tipos de agua existen?

El tipo de agua corresponde a la calidad mínima exigible en cada situación.

El agua que tiene las características adecuadas para el consumo humano se denomina agua potable. Se menciona este tipo de agua como "agua destinada para el consumo humano", aunque en las farmacopeas no se establecen los requisitos que debe cumplir, ya que no se utiliza en la fabricación de medicamentos.

Las principales farmacopeas han avanzado en la armonización de las descripciones, especificaciones y métodos de producción. Así, la Farmacopea Europea se alineó con la Farmacopea de EE. UU y la Farmacopea Japonesa, permitiendo la producción de agua para inyectables por destilación o mediante un proceso de purificación demostrado como "equivalente o superior a la destilación", y "por destilación o por ósmosis inversa y/o ultrafiltración", respectivamente.

A) Agua purificada

Es un líquido transparente, incoloro e insípido obtenido por desmineralización del agua potable mediante un método apropiado (destilación, intercambio iónico, ósmosis inversa o cualquier otro procedimiento).

Se utiliza para la fabricación de la mayoría de las formas farmacéuticas; en particular, para la elaboración de todos aquellos medicamentos en los que se exige el requisito de esterilidad ni el de ausencia de pirógenos.

Se distingue en la categoría de agua purificada:

Agua purificada a granel: para prevenir la proliferación de microorganismos y evitar cualquier otra contaminación, se debe conservar y distribuir en condiciones adecuadas.

Agua purificada envasada: se refiere al agua purificada a granel que se envasa y conserva en condiciones que garanticen la calidad microbiológica.

B) Agua altamente purificada

Es el agua que se utiliza para fabricar medicamentos que requieren una alta calidad biológica, y que no se administran por vía parenteral. Se obtiene de agua potable a través de métodos de producción apropiados, como la ósmosis inversa de doble paso acoplada con otras técnicas como ultrafiltración y/o desionización.

C) Agua para preparaciones inyectables

Es el agua que se utiliza para preparar medicamentos para administración parenteral, ya sea como medio o para disolver o diluir sustancias o productos parenterales de preparación extemporánea.

Se requiere su obtención por destilación (a partir de agua potable o de agua purificada), a pesar de que debe cumplir con las mismas especificaciones que el agua altamente purificada.

En la categoría de agua para la preparación de inyectables se pueden distinguir:

- *Agua para preparaciones inyectables a granel.* En este caso, después de la destilación, el agua debe recogerse y mantenerse en condiciones que impidan la proliferación de microorganismos y cualquier otro tipo de contaminación.
- *Agua estéril para preparaciones inyectables.* Es el agua para preparados inyectables a granel distribuida en ampollas o recipientes adecuados, cerrados y esterilizados por calor para que se siga cumpliendo el ensayo de endotoxinas bacterianas.

D) Agua para dilución de disoluciones concentradas para hemodiálisis

Se obtiene a partir de agua potable mediante destilación, por ósmosis inversa, por intercambio iónico o por cualquiera otra técnica apropiada. Para evitar desequilibrios electrónicos en los pacientes que reciben terapia de hemodiálisis, se debe tener en consideración su contenido iónico.

¿Cómo podemos obtener el agua para uso farmacéutico?

Se emplean varios métodos para obtener agua purificada, según sus características físico-químicas.

La *descalcificación*, es un proceso fundamental para el tratamiento del agua de red que consiste en eliminar iones Ca^{2+} y Mg^{2+} . Se puede denominar también ablandamiento del agua. Es la depuración más simple que se realiza a partir del agua de red.

1. Destilación

La producción de agua de uso farmacéutico es un proceso muy importante, especialmente cuando el agua está destinada a la fabricación de inyectables.

De forma general, es una operación que implica la separación de un líquido de los sólidos disueltos en él o de los líquidos componentes de una mezcla mediante vaporización. Se utilizan condiciones de evaporación variables para los distintos componentes de la mezcla.

La presión y temperatura son factores íntimamente relacionados con el proceso de destilación.

Esta operación requiere aporte de energía y se realiza en aparatos denominados destiladores.

Se utilizan tres sistemas a escala industrial:

Destilador de efecto simple

El agua se evapora por calentamiento y posteriormente se condensa, enfriándose mediante un circuito de agua fría.

Tenemos dos partes:

1. Evaporador: se alimenta a nivel constante con agua desmineralizada y se calienta mediante resistencias eléctricas o bien con vapor de agua sobrecalentado que circula por el interior de la canalización. Puede tener un deflector para que la corriente de vapor no arrastre

gotículas de líquido no destilado hacia el condensador.

2. Condensador: En él se condensan los vapores. Hay que destacar que el agua que se va a destilar se podría utilizar para refrigerar el vapor.

Destilador por efecto doble

Se trata de un equipo más complejo, diseñado para una recuperación significativa de calorías. El más sencillo está formado de dos evaporadores de acero inoxidable, un condensador y un refrigerante. El agua descalcificada o desionizada que alimenta a las calderas atraviesa el condensador, elevando su temperatura y se distribuye entre las dos calderas, manteniéndolas a un nivel constante.

Este tipo de dispositivos permite una recuperación significativa de calor, con pérdidas de aproximadamente un 10 % de las calorías suministradas. Existen equipos de triple y cuádruple efecto, que permiten mayor recuperación de calorías, los cuales, sin duda, complican la instalación y permiten una mayor recuperación de calorías.

Destilación por termocompresión

El funcionamiento de este equipo es diferente a los mencionados antes.

1. La evaporación ocurre a una presión ligeramente más baja que la atmosférica.
2. La condensación del vapor se produce a la misma temperatura, mediante compresión, sin utilizar agua para refrigerarlo.
3. Para evitar pérdidas de calor, el equipo calienta eléctricamente y está perfectamente calorifugado.

2. Ósmosis inversa

Se puede observar el fenómeno de ósmosis cuando se ponen en contacto dos disoluciones salinas de diferente concentración, las cuales están separadas por una membrana semipermeable que solo permite el paso de agua, pero no de todas las moléculas o iones disueltos. El agua pasará de la disolución menos concentrada a la más concentrada hasta llegar al equilibrio en estas condiciones.

3. Ultrafiltración

Se trata de un proceso de separación mecánica, en el que se emplea una presión hidrostática elevada para obligar al líquido a pasar por una membrana semipermeable. La eliminación de endotoxinas bacterianas, microorganismos y moléculas orgánicas es posible gracias a esto.

Las membranas utilizadas en este procedimiento son filtros fuertes y resistentes, pero pueden obstruirse o colmatarse; por lo tanto, se deben limpiar con frecuencia con agua a presión, productos químicos o calor.

4. Intercambio iónico o permutación

Tanto el intercambio iónico como la electrodesionización son procedimientos adecuados para obtener agua purificada o altamente purificada, pero nunca de agua para la preparación de inyectables.

Se emplean resinas sintéticas insolubles que tienen un esqueleto macromolecular, con estructura reticular tridimensional y un cierto número de grupos polares que forman parte de la estructura polimérica. Los grupos activos son los iones intercambiadores que se unen a los grupos polares por medio de enlaces covalentes.

El intercambio iónico es, por tanto, el proceso mediante el cual los iones que están unidos a grupos funcionales cargados en la superficie de un sólido por fuerzas electrostáticas son reemplazados por iones de igual carga que están presentes en una disolución cuando el sólido se sumerge en ella.

La parte que se intercambia en la resina de intercambio se conoce como contraión; por otro lado, la parte que permanece unida a la resina se conoce como ion fijo. En consecuencia, las resinas se pueden dividir en catiónicas y aniónicas según los grupos polares (contraiones) que se incorporan al esqueleto macromolecular.

5. Electrodesionización

Combina dos métodos de purificación del agua: el intercambio iónico por resinas y electrodiálisis. Esta última consiste en la desoinización de agua mediante una corriente eléctrica que empuja a los iones desde la solución a través de una membrana semipermeable. La electrodesionización es una técnica más compleja que surge de esta técnica. Las resinas de intercambio iónico y varias membranas selectivas para el paso de los iones componen el equipo.

¿Qué calidad de agua debemos seleccionar?

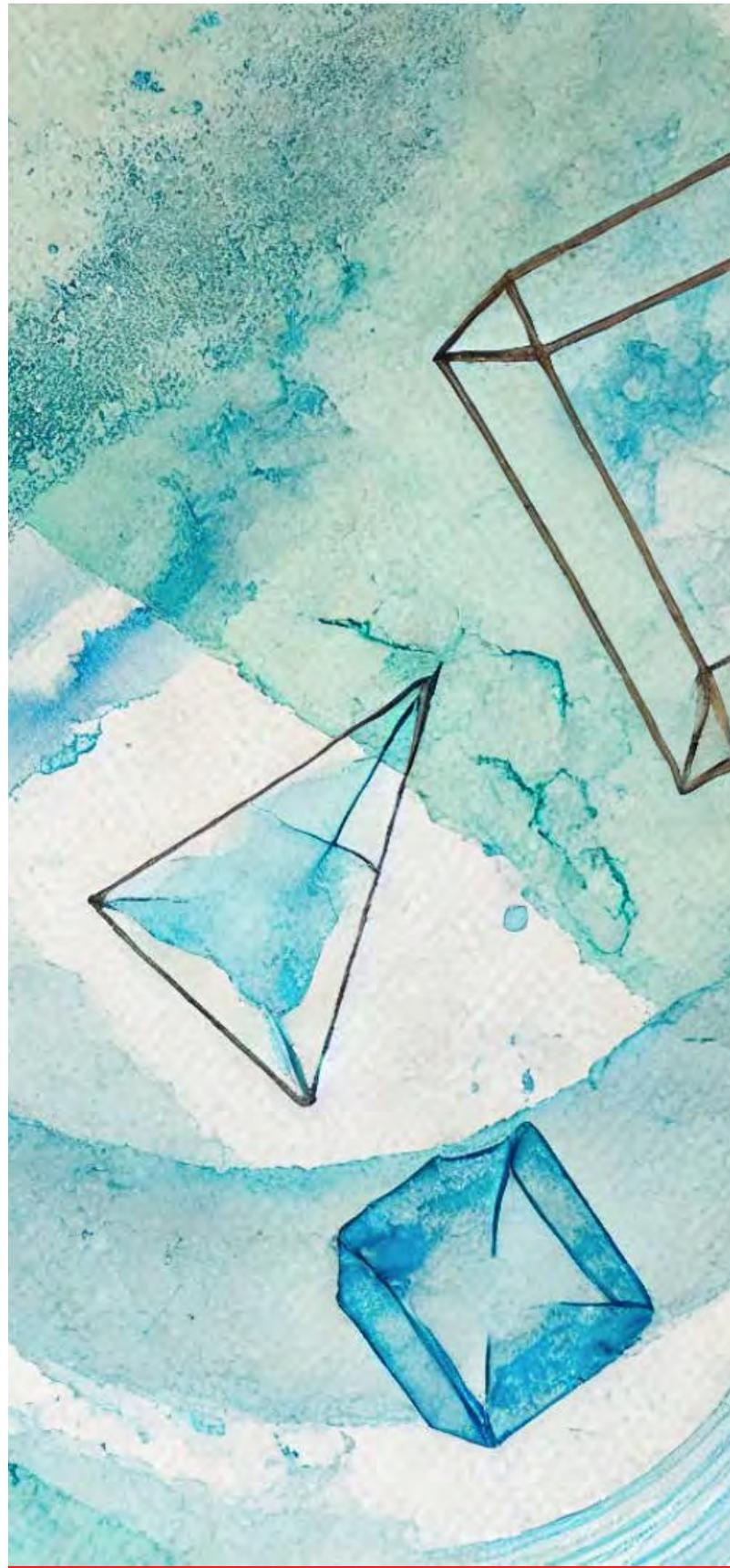
Agua descalcificada	<ul style="list-style-type: none"> • Lavados preliminares • Agua empleada en la fabricación de principios activos
Agua purificada	<ul style="list-style-type: none"> • Formas farmacéuticas no estériles • Agua empleada en la fabricación de formas farmacéuticas que no estará presente en la formulación final • Agua para limpiar y enjuagar los envases y cierres de las formas farmacéuticas que hayan sido fabricadas con agua purificada
Agua altamente purificada	<ul style="list-style-type: none"> • Algunas formas farmacéuticas estériles para nebulización • Agua para limpieza y enjuague final de envases y cierres de formas farmacéuticas estériles de uso parenteral • Agua para limpiar y enjuagar los envases y cierres de las formas farmacéuticas que hayan sido fabricadas con agua altamente purificada
Agua para inyectables	<ul style="list-style-type: none"> • Formas farmacéuticas estériles y en algunos casos, cuando se quiere evitar la introducción de microorganismos no deseados • Agua para limpieza y enjuague final de envases y cierres de formas estériles de uso parenteral

Referencias

- Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios (2015). Real Farmacopea Española 5ª ed. (<http://tienda.boe.es>)
- Collentro, W.V. (2011). Pharmaceutical water: system design, operation and validation (2nd ed.). London: Informa Healthcare.
- European Medicines Agency. EMA/CHMP/CVMP/QWP/496873/2018 (2020). Guidance on Quality of Water for pharmaceutical use. EMA. https://www.ema.europa.eu/en/documents/scientific-guideline/guideline-quality-water-pharmaceutical-use_en.pdf
- Martínez, P.R. (2016). Tratado de Tecnología Farmacéutica. Volumen II: Operaciones básicas. España: Síntesis.
- Slabicky, R.O. (1997). Water for pharmaceutical use. Encyclopedia of Pharmaceutical Technology (Vol. 16). New York: Marcel Dekker.
- Vila-Jato, J.L. (2009). Tecnología Farmacéutica Volumen I: aspectos fundamentales de los sistemas farmacéuticos y operaciones básicas. España: Síntesis.

Dra. María Cristina Benéitez García.

Profesora Visitante a tiempo competo, cuya línea de investigación es la microencapsulación y liberación de los principios activos. Adscrita a la Universidad Rey Juan Calos, Facultad de Ciencias de la Salud. Área de Farmacia y Tecnología Farmacéutica. Email: cristina.beneitez@urjc.es



Física Médica:

Cuando la ciencia
y la **salud** se encuentran

Diego Estrada Luna

Hasta que te medí, vi la vida con amor

La mayoría de las personas desconocen el término de Física Médica. Se puede decir que esta disciplina no es algo nueva, aunque varios investigadores mencionan que su origen geográfico es el Reino Unido y nace de la mente de un grupo de premios Nobel, que colaboraban entre ellos y los institutos de prestigio donde trabajaban para posteriormente integrar los productos de estas contribuciones en tecnologías dentro de los hospitales. Como en muchas ocasiones se nos ha dicho, no debemos olvidar nuestra historia, tenemos que recordar algunos de los avances de la medicina moderna han sido posibles gracias a otras ciencias y la física no ha estado exenta, de sus mentes brillantes se han diseñado teorías, métodos y equipos para procedimientos de diagnóstico y tratamiento de muchas enfermedades.

La física médica se empezó a gestar desde la edad Moderna, a mi parecer, en el momento adecuado cuando en la sociedad iba desapareciendo la ideología de la funcionalidad mágica y divina. Comenzaban las primeras miradas cruzadas, más no las únicas, entre la medicina y la física. Esta relación no sólo se ha basado en lo tecnológico como ahora lo percibimos (v. gr. campos de radiaciones ionizantes y no ionizantes, la resonancia magnética nuclear, ultrasonido, radioterapia, etc.), sino que dio pauta a los primeros aspectos fisiológicos y anatómicos que alguna vez vimos en la escuela. El ejemplo más notable lo hizo en su época Leonardo Da Vinci, un polímata italiano que, debido a su gran interés en el comportamiento del agua, desarrolló la *ley de la continuidad* que daría base a la ley de

conservación de la energía, reconocida por la sociedad científica un par de siglos más tarde pero que en su momento le ayudarían a Da Vinci a dar pie a los primeros estudios de la sangre y del corazón. Indudablemente, uno de los avances más importantes de la medicina también fue hecho por un físico en 1895, Wilhem Roentgen, tal vez no nos suena el nombre, pero todos en algún momento hemos utilizado su aporte a la humanidad. Esto lo logró en la tarde del viernes 8 de noviembre cuando tomó la primera radiografía, usando de modelo la mano izquierda de Anna Bertha, su esposa. Seis años más tarde, Roentgen ganó el Premio Nobel de Física, pero es más recordado por rechazar los derechos del descubrimiento de los rayos X, para que fuera más accesible, de menor costo y hacer más investigaciones clínicas y lo logró, la sociedad más adelante se lo reconoció poniéndole su nombre a un cráter lunar y un asteroide, una forma noble de recordar a una persona.

No podemos olvidar el aporte del matrimonio Curie, que gracias a sus trabajos cimentaron las bases de las radioterapias y que con sus *petites curies* (pequeñas ambulancias equipadas con rayos x) salvaron muchas vidas en la Primera Guerra Mundial. Podríamos extender estas palabras rememorando los hechos, pero no es el fin de este escrito, aunque la intención de remarcar la importancia y nobleza de la física en los avances médicos es necesaria y justa para su historia, y que tal vez desenterrando un poco de ésta, podamos encontrar respuestas a algunas enfermedades que todavía no tienen cura hoy en día, quizás Galileo tuvo razón al decir "las matemáticas son el lenguaje con el que Dios ha escrito el universo", solo nos falta descifrar lo que escondió en las enfermedades.

Y si vivo cien años, cien años me uno a ti

Dicen los románticos que todos de alguna forma estamos conectados en el universo, algunos más practicantes de la exclusividad de las relaciones creen en el mito oriental del hilo rojo invisible atado al dedo meñique de las personas, ese que nos predestina o ata a una persona, materializando un vínculo importante y a veces necesario en las personas, el matrimonio.

Pero si esto lo vemos menos romántico y nos enfocamos en que somos una parte del universo creado eones (muchos millones de años) atrás por el Big Bang, y digo somos, porque sí creo que hay una conexión química entre nosotros y el universo, no de la forma que engañan a la gente de decretar cosas, sino de saber que lo que nos conforma alguna vez formó parte del espacio sidéreo. Esta idea se basa en investigaciones que los científicos han entrelazado durante los últimos años, como el hecho de que el hidrógeno que compone nuestro cuerpo fue creado junto con el helio durante los primeros cinco minutos después de la gran explosión; los microelementos como el sodio o calcio, necesarios para armar nuestros huesos y otros como el cobre y zinc que nos ayudan a funcionar cada minuto, fueron creados en el interior de las estrellas miles de años después de la explosión.

Cuando una estrella agonizaba y colapsaba en forma de supernova, además de dibujar una maravillosa imagen en el espacio sidéreo, en un acto de generosidad (o por lo menos así lo quiero imaginar), liberaba todos sus elementos que se incorporarían a otros planetas y formando parte de la vida y de sus procesos. Entonces, si somos resultado de esta compleja conexión química y viaje a través del tiempo, deberían existir

otras conexiones en nuestro cuerpo relacionado a la salud y la enfermedad que no hemos podido encontrar desde la clínica, pudiera ser tiempo de echar mano de la física.

Desordené nodos tuyos para hacerte aparecer

Las enfermedades crónicas y las virales, como antítesis de la salud, tienen en su naturaleza mecanismos y redes que se van entretejiendo y ramificando cada vez de forma más compleja, esto lo logran por las interacciones con nuestras células, enzimas, genes y proteínas, a estos elementos los podemos representar dentro de la Física como un tipo de nodos en el cuerpo (puntos de origen de estas ramificaciones y que permanecen fijos) y que de esta continua interacción dependerá la cronicidad y daño que dejen las enfermedades en nosotros. Ahora, para poder tomarles la medida, en la Física se usa la lógica Booleana (una estructura matemática o algebraica), con su tradicional “falso y verdadero” ó “0 y 1” para dar un valor, pero nos resultaría insuficiente para algo que es evolutivo, cambiante y gradual como una enfermedad, entonces hay que usar una medición más amplia y continua, que en Física se llama la lógica difusa. Aquí sí, podemos manejar rangos o intervalos como valores para los niveles de concentración de colesterol o de glucosa, actividad o expresión de los nodos de la red que se mencionaron arriba, esto nos acerca más a la realidad del comportamiento de las enfermedades cuando se presenten alteraciones a lo largo del tiempo, podríamos proponer mecanismos tanto para revertir y prevenir los daños de las enfermedades. Aunque la física no nos ayuda a predecir el comportamiento humano, sí podríamos predecir los pasos básicos de las enfermedades con estas herramientas.

Por el día que llegaste a mi vida, geometría querida, me puse a brindar

Si bien la lógica difusa nos puede ayudar a revertir daños por las enfermedades, la geometría fractal (otra herramienta) nos puede brindar información de la evolución de una enfermedad y comprender el daño final que deja sobre los tejidos, órganos o vasos sanguíneos. Básicamente la geometría fractal trata de estudiar las cosas con rasgos irregulares, amorfos, que pueden ser ramificados o encimados, como son las montañas, el universo, las flores, las piedras, los rayos o las nubes. Asimismo, podemos ver fractales en diversas estructuras del cuerpo humano como son las proteínas y el ADN, dándole a nuestro cuerpo homeostasis (equilibrio), una estabilidad proveniente del desequilibrio. Los fractales pueden apoyar al estudio de diversas enfermedades, conociendo las irregularidades que se presenten en tejidos, órganos o moléculas y si estas modificaciones puedan ser medibles para diagnósticos más precisos, específicamente en relación con la rapidez de evolución de la enfermedad, como se ha empezado a estudiar en el desarrollo de cáncer, principalmente. Un ejemplo burdo pero sencillo es el de un edificio que sufre daños después de un temblor, se puede determinar el daño y estabilidad del edificio para corregir estos daños o evaluar su futuro.

De manera interesante dentro del estudio de los fractales, se ha incluido un término que pudiera explorarse de forma ingeniosa para comprender las complejas enfermedades del sistema nervioso o pulmonar y de los vasos sanguíneos, esta es la *autosimilitud*. Este principio se basa en la repetición de formas y a diferentes escalas, frecuentes y fáciles de reconocer para nuestros ojos, es algo estético; la autosimilitud la podemos disfrutar en las ramas o raíces de los

árboles que se pueden bifurcar cada vez más a una dimensión más pequeña, como puede suceder con las arterias y venas de nuestro cuerpo, en los bronquios y bronquiolos de los pulmones o en la red neuronal, algo único y diferente en todos nosotros, por algo la autosimilitud se le conoce como la *huella digital de Dios*.

O quizás simplemente te regale una fórmula

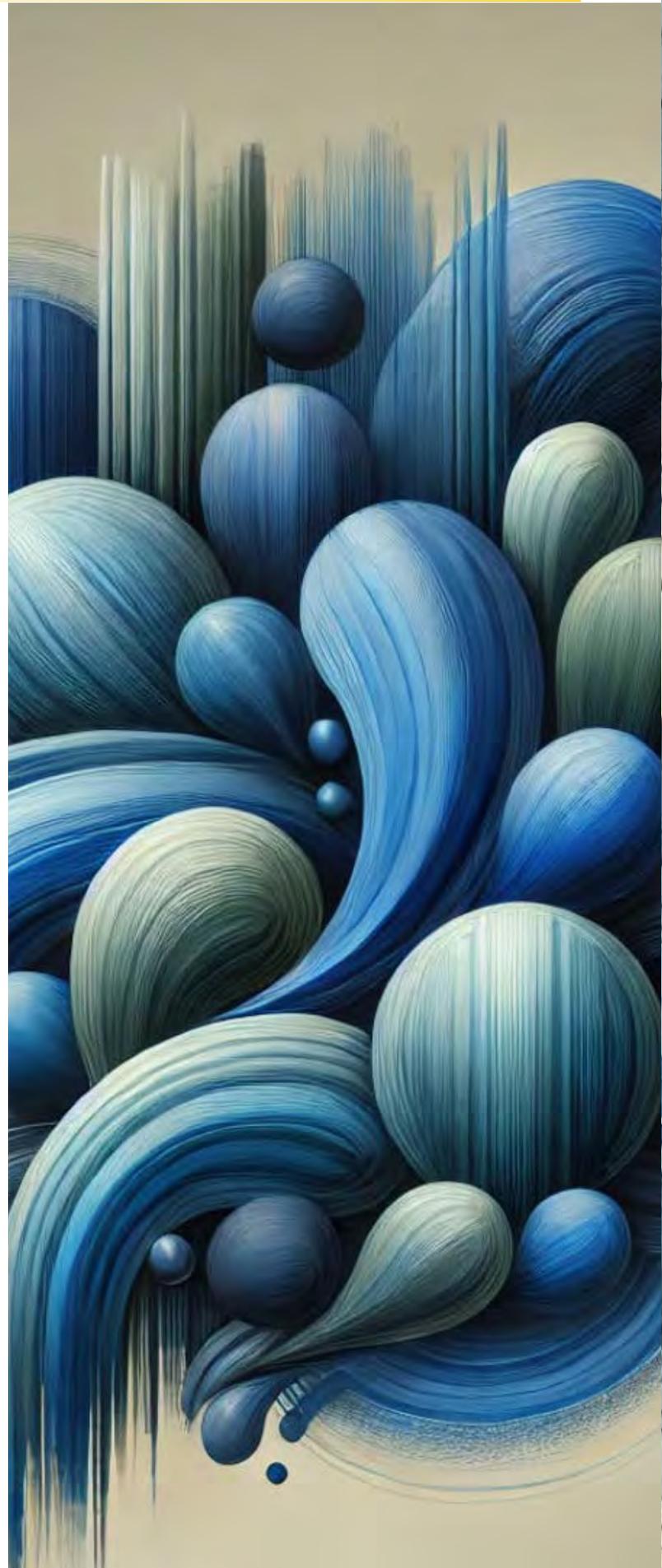
Algunas de estas herramientas de la Física que hemos hablado fueron aportaciones del francés Mandelbrot, quien básicamente acuñó todos estos términos y que con una simple ecuación generó un fractal muy complejo e infinito en una computadora. A partir de esto dejó puesta en la mesa la relación entre complejidad y simplicidad, lo que las matemáticas describen que las reglas simples dan lugar a objetos complejos. Si lo consideramos entre las conexiones de la vida y evolución de nuestra historia, todo nació de la simplicidad y nos ha llevado al desarrollo de la complejidad, quitando un poco de lado los términos matemáticos y físicos, creo que es prudente ejemplificarlo de una manera más banal: de la imitación de movimientos de lo que observábamos de bebés, pasamos a expresar el arte por medio de nuestras manos a través de la pintura, escultura o de la música; del tratar de decir las primeras palabras y más bellas por primera vez como papá o mamá, hasta expresar emociones en diferentes lenguas y sonidos; de un hola a esa persona que vemos por primera vez hasta un sí, acepto de la misma persona, pero ahora más especial. La simplicidad y complejidad podría aplicarse a casi todo, por eso en la geometría fractal pudiéramos entender ciertos comportamientos de las enfermedades que empiezan con una célula o una molécula y van creciendo de una manera similar, más no

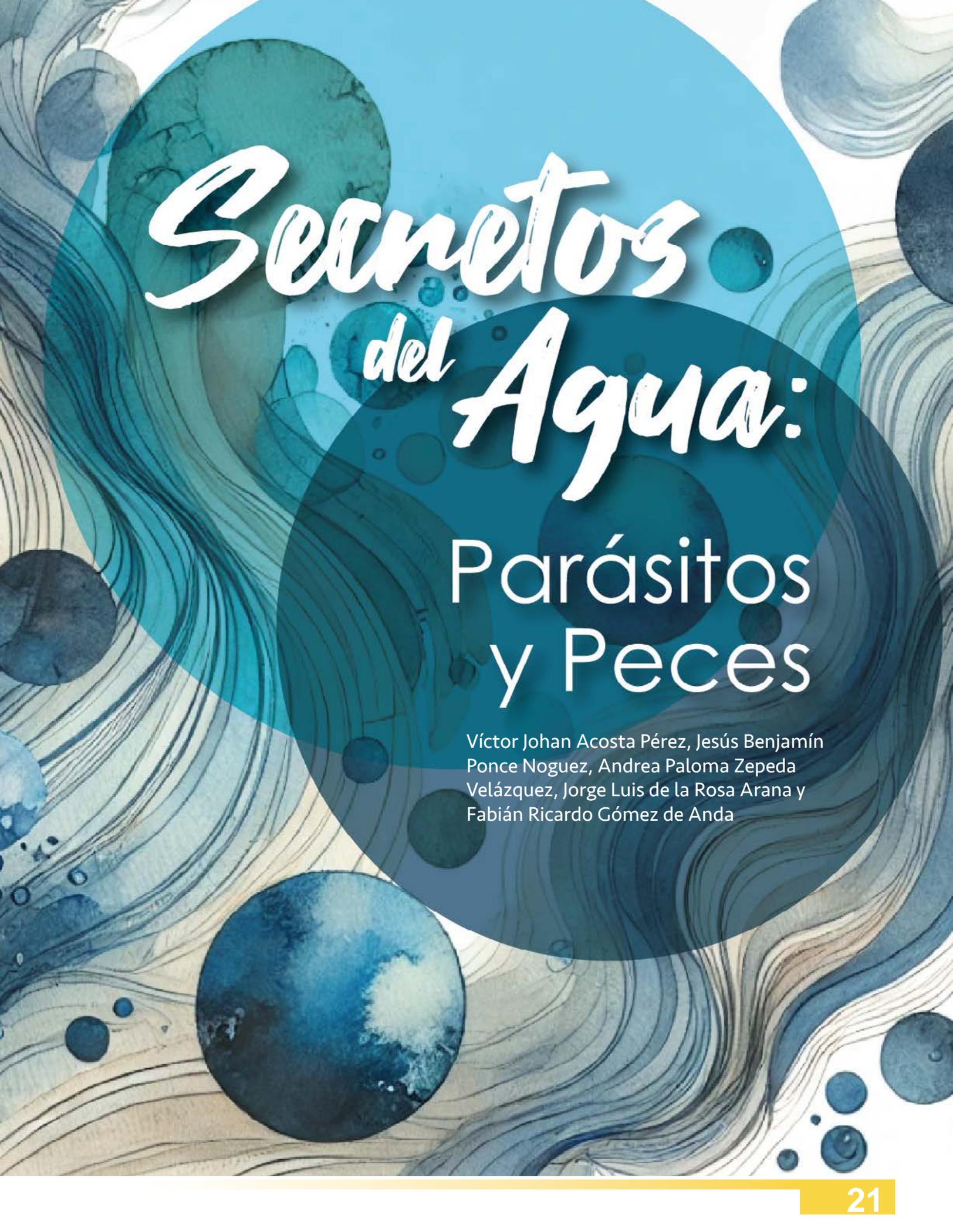
idéntica. A diferencia de la lógica difusa, la geometría fractal no nos hará predicciones de comportamiento, pero sí pudiera decirnos que cierto evento sucederá.

Pido un aplauso para la conclusión que aquí ha llegado

Sin duda, estas áreas de la Física Médica que va estudiando y ampliando el conocimiento nos ayudarán a entender un poco mejor las enfermedades complejas que nos aquejan actualmente, que se resisten a tener una cura o un tratamiento que garantice un estado de salud más digno. No es maquiavélico pensar que con unas fórmulas matemáticas podríamos detectarlas a tiempo haciéndolas menos mortales, que entenderíamos su comportamiento para adelantarnos unos cuantos movimientos que pudieran salvar vidas, o que reparamos o aligeremos los daños a tejidos y órganos vitales, quizás lograríamos predecir la funcionalidad de tratamientos e intervenciones mejorando su efectividad. Podrían ser muchas cosas, pero esas cosas se necesitan observar para entender, debemos regresar a ver como cae una manzana del árbol para empezar a cuestionarnos más, dar posibles soluciones, equivocarnos y replantear ideas, tal como lo hizo la física al inicio.

Dr. Diego Estrada Luna. Profesor Investigador de Tiempo Completo. Área Académica de Enfermería. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Correo: destrada_luna@uaeh.edu.mx





Secretos del Agua:

Parásitos y Peces

Víctor Johan Acosta Pérez, Jesús Benjamín
Ponce Noguez, Andrea Paloma Zepeda
Velázquez, Jorge Luis de la Rosa Arana y
Fabián Ricardo Gómez de Anda

1. Importancia Económica y Ecológica de los Peces

Los peces desempeñan un papel importante, tanto en los ecosistemas acuáticos como en la economía mundial. Desde el punto de vista ecológico, los peces son fundamentales en el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, al ser parte de la biodiversidad de los cuerpos de agua, como ríos, lagunas y mares, entre otros. Los peces, además de actuar como depredadores o presas y, en algunos casos, como generadores de ecosistemas, contribuyen a la estructura y dinámica de las comunidades biológicas (Timi & Poulin, 2020). Desde el punto de vista económico, los peces son una fuente alimenticia importante, debido a la presencia de ácidos grasos de alto valor nutricional. Incluso, los peces representan un medio de sustento para miles de personas en todo el mundo. La pesca y la acuicultura (figura 1) son industrias que proporcionan empleo a muchas comunidades alrededor del mundo, ya sea por el aprovechamiento de servicios turísticos y medioambientales o por la producción de alimento destinado al consumo humano (FAO, 2022). En cualquier caso, la derrama económica es abundante. La demanda de productos acuícolas es proporcional al crecimiento de la población y a la globalización del mercado de productos agropecuarios, ambos factores se suman a la conciencia *creciente* sobre los beneficios de una dieta rica en pescado para cubrir las necesidades nutricionales de la población.



Figura 1. Pesca de peces. La fotografía muestra el uso de la red de pesca en una granja destinada a la producción de tilapia (*Oreochromis niloticus*). La fotografía fue tomada por uno de los autores (VJAP) en 2018.

2. Repercusiones en la Salud de los Peces Causadas por Parásitos

Los parásitos^[1] representan una amenaza significativa para la salud de los peces, tanto en ambientes naturales como en sistemas de acuicultura. La infección parasitaria puede causar una variedad de problemas, incluyendo lesiones físicas, estrés y cambios en su comportamiento. Esta problemática ocasiona en el cardumen^[2], reducción de la tasa de crecimiento y aumento de la mortalidad. En algunos casos, los parásitos pueden actuar como mecanismo secundario para la transmisión de otras enfermedades infecciosas; por ello, la presencia de parásitos en el cardumen está asociada a problemas de salud humana, veterinaria y silvestre (Poulin *et al.*, 2020).

En la acuicultura, la presencia de parásitos compromete la rentabilidad y sostenibilidad de la industria acuícola. Las infecciones parasitarias pueden conducir a pérdidas económicas significativas para el productor, debido al rechazo mercantil del producto que obliga al productor a invertir en tratamientos costosos. El uso irracional de sustancias químicas tiene efectos negativos en el ambiente y en la salud humana. En general, los químicos que son vertidos en el agua de cultivo, no son metabolizables ni degradables, por lo que tarde o temprano, desembocan en afluentes naturales, donde abaten a las poblaciones susceptibles o en su defecto, se almacenan en el cuerpo de animales (peces y crustáceos, por ejemplo) destinados al consumo humano, lo cual se traduce en intoxicación alimentaria para quien consume los alimentos contaminados. Además, el consumo de pequeñas dosis de fármacos, por los animales y por el humano pueden generar problemas de resistencia a antiparasitarios y antibióticos en general.

Los peces son susceptibles a la infección de varios tipos de parásitos, desde los unicelulares o protozoarios, hasta los crustáceos (artrópodos), pasando por una variedad de gusanos (trematodos, cestodos, nematodos y acantocéfalos), dependiendo de (1) la etapa de producción (2) el ambiente en que se desarrolla el cardumen y, (3) las prácticas de producción. La infección por parásitos no solo afecta a los peces como individuos, sino que también puede tener repercusiones significativas en el desarrollo de las poblaciones de peces; el cardumen puede ser pequeño, desde cien peces hasta 50 mil individuos por granja, por lo que, dependiendo del nivel de cultivo, pueden presentarse situaciones de menor o mayor impacto en la economía de la acuicultura y la pesca comercial (Lafferty, 2008).

3. Breve descripción de los parásitos más importantes en la acuicultura

3.1 Protozoos

Ichthyophthirius multifiliis causa la enfermedad conocida como “punto blanco” o “ich” en peces de agua dulce. Este protozoario^[3] ciliado invade la piel y las branquias, causando estrés y mortalidad, en la acuicultura afecta de manera recurrente a las poblaciones de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) y a diferentes especies de ornato.

Trichodina spp. es un ectoparásito ciliado que se encuentra adherido a piel altea y branquias causando dificultad para respirar en los peces (figura 2), su presencia es recurrente en el cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*), no obstante, sus poblaciones suelen crecer cuando hay mala calidad del agua, aumentando el riesgo de mortalidad por la infección parasitaria.

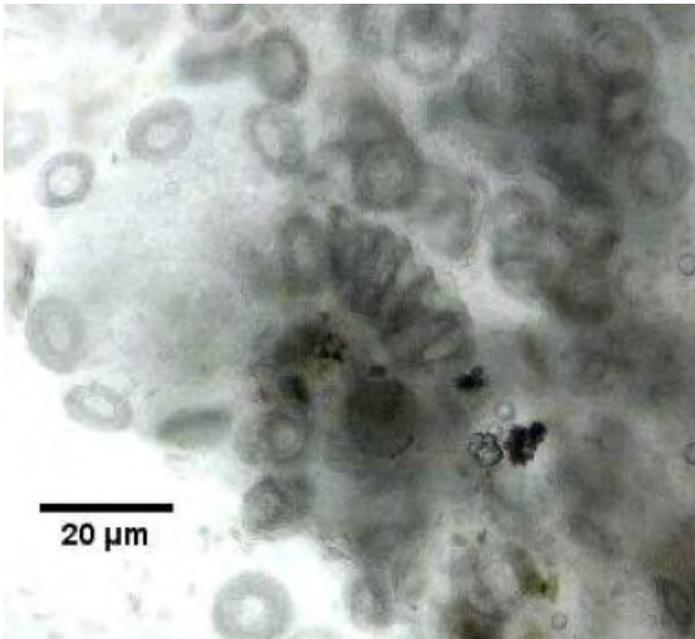


Figura 2. *Trichodina* sp.. La fotografía muestra trofozoitos de *Trichodina* sp. adheridos a la piel de una tilapia (*Oreochromis* sp.). La fotografía fue tomada a 40x por uno de los autores (VJAP) en 2021.

3.2 Trematodos

Diplostomum spp. es conocido como “gusano de los ojos”; estos parásitos infectan principalmente a peces de agua dulce, invadiendo los ojos y causando ceguera, su aislamiento e identificación es invasiva en los organismos por lo que es un parásito difícil de detectar y de controlar.

Clinostomum spp. es el trematodo^[4] responsables de la enfermedad conocida como “gusano amarillo”. La etapa de metacercaria se encapsula en la piel y las branquias de los peces, originando estructuras de color amarillo que coloquialmente se denominan “quistes”. Aunque esta estructura parasitaria, no pone en riesgo la vida del pez, causa mala impresión en la piscicultura de ornato o en la producción alimentaria. Las larvas pueden vivir en el pez que actúa

como hospedador intermediario durante varios años hasta que los peces son consumidos por un ave que actúa como hospedador definitivo.

3.3 Cestodos

Bothriocephalus acheilognathi es un cestodo que afecta principalmente a peces de agua dulce, especialmente a la carpa. Puede causar pérdida de peso y mortalidad en infecciones severas, su presencia puede notarse en procesos de eviscerado mal ejecutados pues los parásitos se localizan en las regiones intestinales de los peces, esta situación puede evidenciar una contaminación de la carne y la infección representa un riesgo para el consumidor final.

Ligula intestinalis es un parásito que se establece en la cavidad corporal de los peces, interfiriendo con la reproducción y el crecimiento de los individuos.

3.4 Nematodos

Anisakis spp. es un parásito de peces marinos que puede representar un riesgo para la salud humana cuando se consume pescado crudo o mal cocido. A las pocas horas de la ingestión, el helminto intenta atravesar la pared intestinal, pero como no puede penetrarla, se atasca y muere. La respuesta inmune, forma un granuloma, como mecanismo de aislamiento del parásito. Este granuloma puede bloquear el sistema digestivo y provocar dolor abdominal intenso, desnutrición y vómitos. Si las larvas atraviesan el intestino también puede ocurrir una respuesta granulomatosa eosinófila severa que causa síntomas que imitan la enfermedad de Crohn, una enfermedad inflamatoria del sistema digestivo que se presenta en poblaciones humanas.

Camallanus spp. Se establece en el intestino de los peces de agua dulce, causando daño y pérdida de peso en los organismos que cursan la infección.

3.4 Acantocéfalos^[5]

Neoechinorhynchus spp. es un parásito intestinal que afecta a diversas especies de peces, causando daños en el revestimiento intestinal y afectando la absorción de nutrientes, esta condición puede ser crónica y provocar que los animales presenten enfermedades secundarias de tipo nutricional.

3.5 Crustáceos^[6]

Lernaea spp. (gusano ancla) afecta principalmente a peces de agua dulce, causando lesiones severas en la piel y los músculos, en la acuicultura estos parásitos afectan a las carpas de cultivo (*Cyprinus carpio*), y son un promotor de infecciones secundarias por hongos y bacterias.

Argulus spp. (piojo de los peces) se establece en la piel y las branquias de los peces, causando irritación, estrés y lesiones, cuando se establece en branquias su presencia dificulta la respiración de los peces, lo que pueden conducir a intoxicaciones por amonio o mortalidad por anoxia, del mismo modo es un parásito que se relaciona de manera común a infecciones secundarias causadas por hongos y bacterias (Rodríguez *et al.*, 2020).

4. Manejo de los Parásitos en Peces

El ciclo de vida de los parásitos de peces varían entre las especies; algunos parásitos tienen ciclos directos, donde se transmiten de un pez a otro en el mismo cardumen o entre poblaciones cuando estas interactúan, mientras otros pa-

rásitos tienen ciclos indirectos que involucran diferentes hospedadores, estos hospedadores pueden ser muy diversos, desde copépodos que forman parte del zooplancton, hasta el ser humano, pasando por una amplia diversidad de aves ictiófagas y otros organismos silvestres que incluyen la ingesta de pescado crudo en su dieta. Ante esta diversidad de hospedadores, la comprensión del ciclo de vida de cada parásito es crucial para desarrollar estrategias de prevención y control (Jerônimo *et al.*, 2022).

El manejo de los parásitos en los peces implica retos importantes para el personal profesional que atiende la salud animal. Estos profesionistas tienen la misión de generar estrategias de control, considerando los mejores métodos químicos, biológicos y de manejo animal. Los tratamientos antiparasitarios deben usarse con precaución debido al riesgos de resistencia y al efecto de contaminación ambiental que se genera al administrar los químicos en los estanques. Los métodos biológicos, como el uso de depredadores naturales de los parásitos, son una alternativa sostenible; sin embargo, en muchas ocasiones resulta difícil controlar esas poblaciones en los cuerpos de agua. Las prácticas de manejo, como la mejora de la calidad del agua y la alimentación adecuada, son vitales para prevenir las infecciones parasitarias, en conjunto el control de los parásitos en poblaciones de peces, resulta una labor dinámica en la que hay que encontrar la mejor estrategia de mitigación (Paladini *et al.*, 2017).

En conclusión, la comprensión de la biodiversidad, el ciclo de vida y el impacto de los parásitos en los peces es esencial para desarrollar estrategias efectivas de control y prevención. Esto deberá abordarse a través de un enfoque integrado que combine métodos químicos, biológicos y prácticas de manejo animal, de forma equilibrada y bajo estudio, para que sea posible

mantener la salud y productividad de las poblaciones de peces en la acuicultura y los ecosistemas naturales.

5. Para saber más, consulta en:

FAO. (2022). The state of world fisheries and aquaculture 2022. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from FAO, 1(2022), 1-266. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>

Timi, J. T., & Poulin, R. (2020). Why ignoring parasites in fish ecology is a mistake. *International Journal for Parasitology*, 50(10-11), 755-761. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2020.04.007>

Rodríguez, N. E. R., Sánchez, V. V., Anda, F. R. G. D., Reyna, P. B. G., Rosa, L. G. D. L., & Zepeda-Velázquez, A. P. (2020). Species of Anisakidae nematodes and *Clinostomum* spp. infecting *Mugil curema* (Mugilidae) intended for human consumption in Mexico. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 3(29), e017819. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612020002>

Jerônimo, G. T., da Cruz, M. G., Bertaglia, E. D. A., Furtado, W. E., & Martins, M. L. (2022). Fish parasites can reflect environmental quality in fish farms. *Reviews in Aquaculture*, 14(3), 1558-1571. <https://doi.org/10.1111/raq.12662>

Poulin, R., Presswell, B., & Jorge, F. (2020). The state of fish parasite discovery and taxonomy: a critical assessment and a look forward. *International Journal for Parasitology*, 50(10-11), 733-742. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2019.12.009>

Lafferty, K. D. (2008). Ecosystem consequences of fish parasites. *Journal of fish Biology*, 73(9), 2083-2093. <https://doi.org/doi:10.1111/j.1095-8649.2008.02059.x>

Paladini, G., Longshaw, M., Gustinelli, A., & Shinn, A. P. (2017). Parasitic diseases in aquaculture: their biology, diagnosis and control. *Diagnosis and control of diseases of fish and shellfish*, 4(2017), 37-107. <https://doi.org/10.1002/9781119152125.ch4>

Notas:

[1] Parásito: organismo que vive a costa de otro, alimentándose de él sin beneficiarlo.

[2] Cardumen: banco o conjunto de peces.

[3] Protozoario: también conocido como protozoo, es un organismo microscópico eucariota que puede ser unicelular o formado por un conjunto de células, su nombre deriva del griego y significa "primer animal".

[4] Tremátodo: Parásito del tipo de los gusanos planos cuyo cuerpo no tiene segmentos.

[5] Acantocéfalo: Gusanos que poseen una estructura parecida a una trompa, conocida como probóscide con ganchos con los que se fija a los tejidos del hospedero.

[6] Crustáceo: Animales del grupo de los artrópodos que tienen el cuerpo recubierto de un caparazón, por ejemplo, las langostas o el kr

Dr. Víctor Johan Acosta Pérez. SNII-Candidato. Profesor por asignatura; Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Instituto de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Evaluación sociosanitaria de organismos de producción acuícola.

Email: victor_acosta@uaeh.com.mx

Dr. Jesús Benjamín Ponce Noguez. SNII-1, Profesor de Carrera Tiempo Completo; FMaya, UNACH. Epidemiología e inmunobiología de parásitos y otros microorganismos con importancia en salud pública, veterinaria y silvestre.

Email: jesus.ponce@unach.mx

Dra. Andrea Paloma Zepeda Velázquez. SNII-1, Profesora-Investigadora de Tiempo Completo; ICAP, UAHEH. Epidemiología e inmunobiología de parásitos y otros microorganismos con importancia en salud pública, veterinaria y silvestre.

Email: andrea_zepeda@uaeh.edu.mx

Dr. Jorge Luis de la Rosa Arana. SNII-1, Priede B, Profesor de Carrera Tiempo Completo; FESC, UNAM. Epidemiología e inmunobiología de parásitos y otros microorganismos con importancia en salud pública, veterinaria y silvestre.

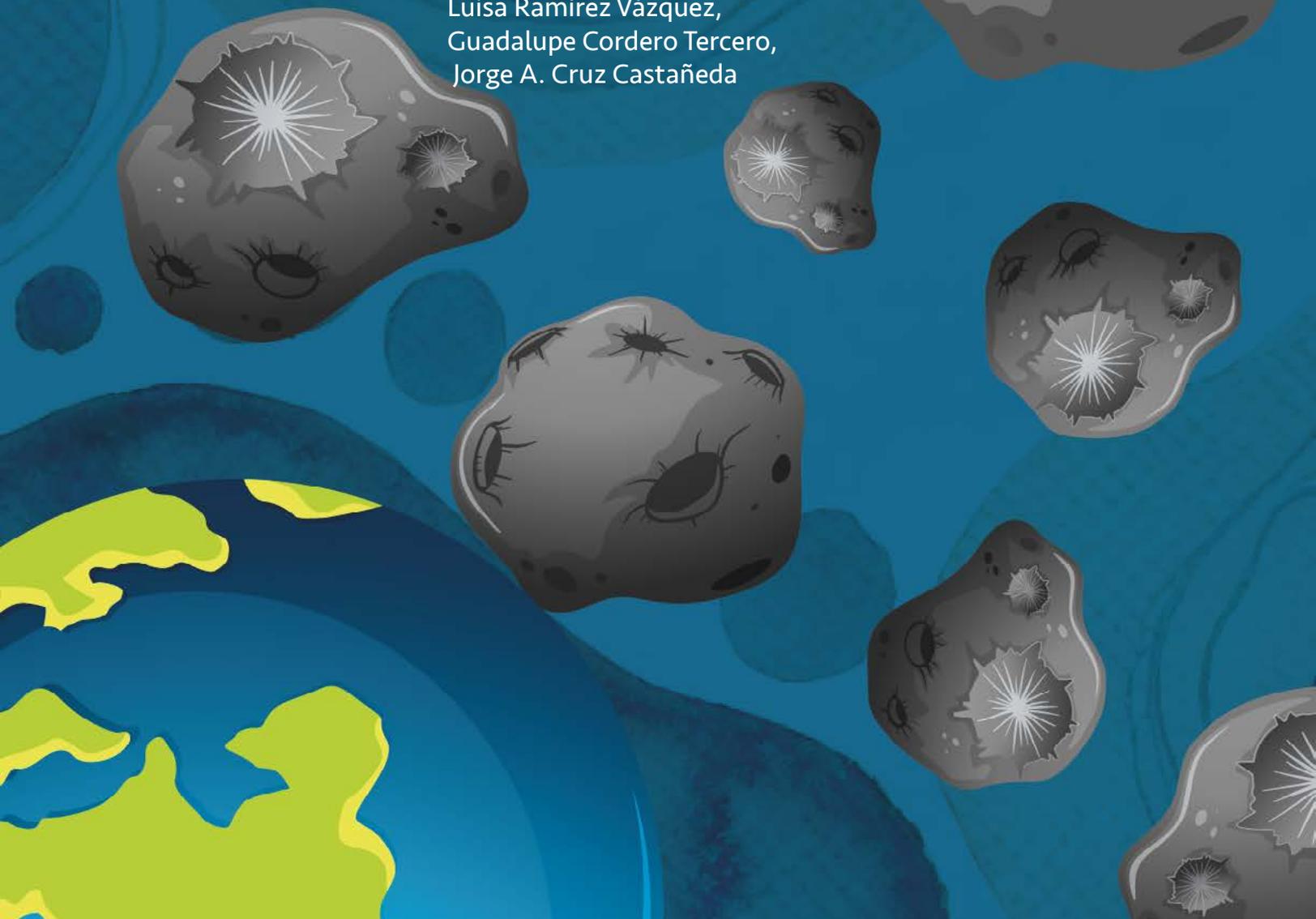
Email: jorgeluis.delarosa.arana@cuautilan.unam.mx

Dr. Fabián Ricardo Gómez de Anda. SNII-1, Profesor-Investigador de Tiempo Completo; ICAP, UAHEH. Epidemiología e inmunobiología de parásitos y otros microorganismos con importancia en salud pública, veterinaria y silvestre.

Email: fabian_gomez@uaeh.edu.mx

Los impactos de asteroides en la Tierra y su posible contribución al **origen** de la *vida*

Luisa Ramírez Vázquez,
Guadalupe Cordero Tercero,
Jorge A. Cruz Castañeda



Es común relacionar los eventos de grandes impactos de asteroides o cometas a situaciones catastróficas para nuestro planeta. Desde el gran impacto que sucedió hace aproximadamente 65 millones de años y su asociación con la extinción de la mayoría de las formas de vida en la Tierra en ese momento, incluidos los dinosaurios, pasando por las situaciones que nos muestran las películas como *Impacto profundo* (1998) o *Armageddon* (1998) (entre otras), hasta la misión DART de la NASA en 2022, en la cual se logró exitosamente impactar al asteroide Dimorphos moviendo su trayectoria. Esta misión sirvió como ensayo con fines de defensa planetaria en caso de una amenaza real por el posible impacto por un cuerpo celeste, como un asteroide. Con todo esto al parecer 'impactos' y 'catástrofe' pueden pertenecer a un mismo campo semántico.

Pero... ¿Alguna vez habías pensado si estos choques entre cuerpos celestes con la Tierra pueden tener algún beneficio? Si nos remontamos a edades muy tempranas del sistema solar, es decir, unos pocos miles de años después de su formación, la frecuencia de impactos era mucho mayor en todos los planetas. El número de impactos disminuyó hace aproximadamente 3900 millones de años y se ha mantenido más o menos constante desde entonces. A la Tierra cae material de naturaleza asteroidal y cometaria continuamente, la mayor parte de este material mide de micras a milímetros y su entrada se manifiesta en lo que se conoce como estrellas fugaces. Se ha estimado que entran alrededor de 40,000 toneladas de este tipo de objetos por año. Cuerpos de mayor dimensión no son tan frecuentes, de hecho, mientras mayor es el tamaño es menos común que caigan, por ejemplo, se estima que la frecuencia de caída de objetos del orden de metros es una vez cada 2.5 días,

de objetos de unos cien metros, una vez cada 623 años y objetos de 10 km, una vez cada 62 millones de años. El impacto más famoso es el ya mencionado choque de un asteroide de entre 10 y 15 kilómetros que cayó hace unos 65 millones de años en la península de Yucatán y entre sus consecuencias está una de las mayores extinciones masivas que han ocurrido en nuestro planeta, dejando además como resultado el cráter conocido como Chicxulub (Figura 1).



Figura 1. Representación del impacto que formó el cráter Chicxulub.

Se ha propuesto que los impactos de asteroides con nuestro planeta pudieron haber tenido un papel esencial en la *evolución química* y el origen de la vida en la Tierra (Oró, 1961). La evolución química es un período hipotético en el cual se propone la formación y acumulación de compuestos orgánicos de origen no biológico que hoy en día son relevantes para los seres vivos. Estos compuestos orgánicos y las fuentes de energía disponibles en el pasado (energía térmica, radiación, descargas eléctricas por tormentas, entre otras) pudieron interactuar entre sí para producir moléculas más complejas, que eventualmente desencadenaría (mediante procesos que aún no conocemos) la aparición de vida. La disciplina científica que estudia la evolución química en el laboratorio se denomina *química prebiótica*.

Mensajeros químicos desde el espacio: Pioneros en la Tierra primitiva

Cuando los asteroides o núcleos cometa-rios entran en contacto con la atmósfera terrestre, la gran velocidad con la que entran (entre 11 y 72 km/s, lo que equivale a 106 y 685 veces respectivamente la velocidad récord (0.105 km/s) de los autos de Fórmula 1) provoca que el material del cuerpo celeste se caliente al grado de fundirse, evaporarse e incluso ionizarse, razón por la cual empieza a brillar. A esa luz se le conoce como meteoro (estrella fugaz) o bólido si el brillo del meteoro es muy intenso. Además, el objeto puede fragmentarse en la atmósfera. Si el objeto o fragmentos de él subsisten al paso por la atmósfera, se le cambia de nombre a meteorito. Existen tres tipos de meteoritos: pétreos, metálicos y mixtos. Cada uno de ellos tie-

ne una serie de subclasificaciones dependiendo del contenido de minerales y de qué tan prístino es su material. Los meteoritos tipo condrita carbonosa son muy interesantes, pues son materiales que se han conservado casi intactos desde su formación hace 4567 millones de años, por lo que son como cápsulas de tiempo que nos dicen cómo era el sistema solar en sus orígenes (Ortega-Gutiérrez, 2015).

Por otro lado, los análisis de algunos meteoritos tipo condrita carbonosa (meteoritos pétreos que contienen hasta un 20% en peso de carbono en forma elemental o de moléculas orgánicas) como por ejemplo los meteoritos *Murchison* y *Murray* han revelado que el contenido orgánico puede persistir en ellos después de todo el viaje que realizaron por el medio interestelar para luego ser atraído hacia nuestro planeta, atravesar su atmósfera y finalmente impactarse en la superficie. Entre las moléculas encontradas gracias a los análisis químicos se hallan compuestos orgánicos como ácidos carboxílicos, aldehídos y cetonas, purinas y pirimidinas, alcoholes y aminoácidos. Todos estos tipos de compuestos pudieron haber participado en procesos de la evolución química contribuyendo a aumentar la complejidad química en esta etapa de la Tierra primitiva.

Adicionalmente, se ha propuesto que la energía de impacto que se deposita en la atmósfera cuando el objeto entra en contacto con ella, conocida como *onda de choque*, puede conferir una vía de generación de reacciones químicas y, por lo tanto, producción de compuestos que pudieron haber influido en el paso anterior al origen de la vida. Aunque hasta ahora la composición química de la atmósfera primitiva continúa siendo tema de discusión entre la comunidad científica, los grandes impactos pudieron haber generado compuestos como el metano o

el amoníaco, que favorecen dicha producción de moléculas orgánicas relevantes en esta etapa, por ejemplo, los aminoácidos, que son bloques constructores de otras moléculas más complejas, como las proteínas.

Impactos que dejan su huella: cráteres, formación de sistemas hidrotermales y potenciales nichos.

Muchos impactos de estos cuerpos celestes son capaces de dejar una huella peculiar sobre las superficies sólidas planetarias. Los cráteres de impacto son la característica más común presente en los planetas rocosos y satélites, el ejemplo más claro es nuestra Luna. La Tierra también ha sido impactada en numerosas ocasiones, sin embargo, es más difícil encontrar cráteres muy antiguos debido a los procesos propios de nuestro planeta, como la tectónica de placas, que hace que la corteza se renueve continuamente y “borre” estos registros, además del vulcanismo y procesos de erosión. Actualmente se han identificado alrededor de 190 cráteres de impacto en el planeta, aproximadamente 60 de ellos presentaron una particularidad importante: la formación de un sistema hidrotermal.

Los cráteres de impacto con actividad hidrotermal (Figura 2) son sitios delimitados que cuentan con una fuente de energía térmica, agua, gradientes de temperatura y de pH y diferentes minerales como arcillas, zeolitas, carbonatos, óxidos y sulfuros de hierro (Kirsimäe & Osinski, 2012). Estos sistemas hidrotermales generados por impacto pueden darse en cráteres que se forman a nivel del suelo, por ejemplo, el cráter Siljan, en Suecia, o el cráter Ries, en Alemania; o en los impactos submarinos, como el caso del cráter Chixculub.

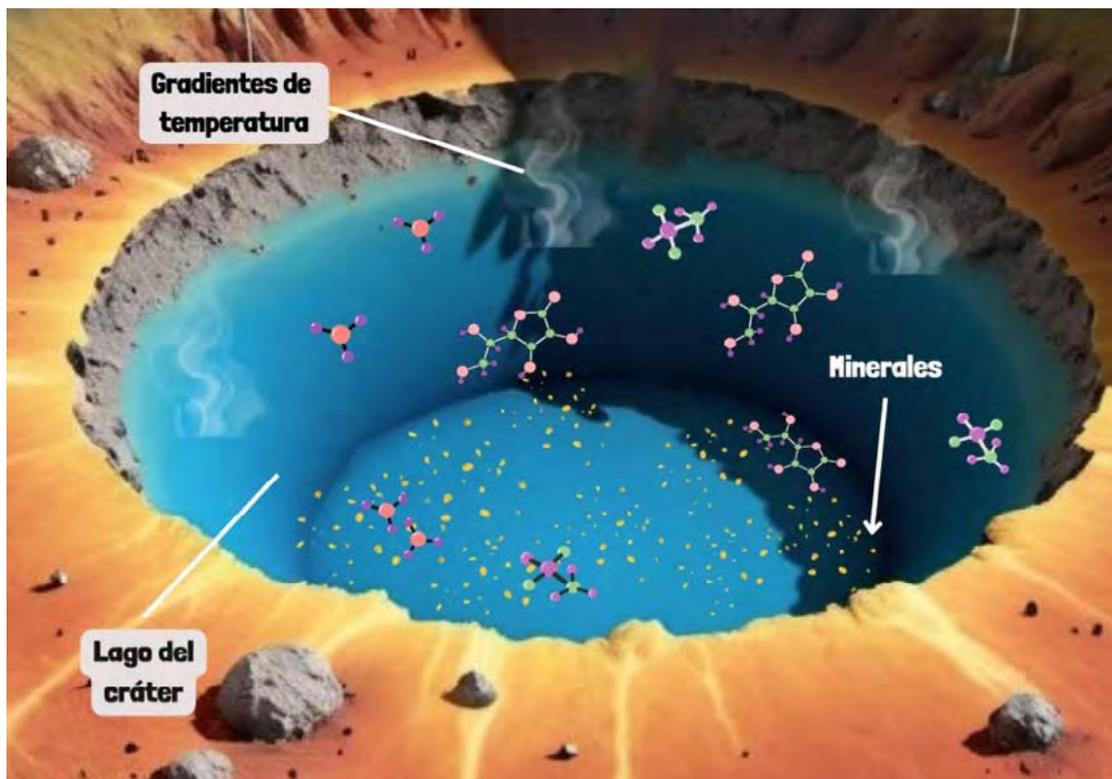


Figura 2. Representación de un sistema hidrotermal generado por impacto. En la etapa de la evolución química, las moléculas presentes en estos ambientes pudieron haber interactuado entre sí para formar otras más complejas (OpenartAI, 2024).

En química prebiótica, los sistemas hidrotermales son escenarios importantes de estudio, ya que son candidatos potenciales como sitios geológicos que pudieron existir en el pasado y donde pudieron haber ocurrido reacciones químicas para la formación de moléculas relevantes para el origen de la vida. Además, es posible que los minerales presentes también hayan podido contribuir a la concentración de moléculas o acelerar reacciones químicas, pues poseen propiedades fisicoquímicas que pueden favorecer estas capacidades dependiendo del entorno químico (Negrón-Mendoza & Ramos-Bernal, 2004). Un ejemplo de estos ambientes hidrotermales es el Parque Nacional de Yellowstone, en EUA.

El tiempo de vida de los sistemas hidrotermales generados por impacto es variado y depende del tamaño del cráter; en algunos casos estos sistemas pueden durar desde miles, cientos de miles de años e incluso poco más de un millón de años. Una vez que el sistema hidrotermal se vuelve inactivo, el lago del cráter puede enfriarse y llegar a persistir durante cientos de miles de años más, además que quedan fracturas y cavidades en las rocas y permanecen minerales y sedimentos producidos por la alteración hidrotermal que originalmente no formaban parte de la geología propia del sitio de impacto. Todas estas condiciones hacen que los cráteres de impacto se conviertan en potenciales hábitats para distintas formas de vida, como microbios o especies más complejas (Cockell & Bland, 2005; Osinski *et al.*, 2020).

No sólo en nuestro planeta: hidrotermalismo extraterrestre

El craterismo de impacto es un proceso que no solamente sucede en la Tierra. Las superficies de otros planetas rocosos, como Marte, poseen miles de cráteres en su superficie, incluso el cráter

Gale y el cráter *Jezero* han sido elegidos para el amartizaje de las misiones que se dedican al estudio de la geología y mineralogía del planeta rojo, así como también a la búsqueda de moléculas orgánicas que nos puedan dar un indicio de la generación de vida en ese planeta. Algunos de los resultados muestran que en los sitios de impacto existen fases minerales asociadas con actividad hidrotermal, rocas sedimentarias y arcillas, lo que indica que en el pasado hubo agua líquida en la superficie de Marte, específicamente en estos lugares (Osinski *et al.*, 2013; Tornabene *et al.*, 2013).

¿El pequeño estanque cálido?

La obra de Charles Darwin, “El origen de las especies” (1859), marcó un parteaguas para la biología y el entendimiento de la evolución de los seres vivos. Aunque él prefería ser cauteloso sobre el tema del origen de la vida en sus libros y no ahondar mucho al respecto, este hecho provocó que algunos de sus amigos y otros científicos llegaran a creer que su teoría estaba incompleta. No obstante, Darwin alguna vez envió una carta a un amigo suyo mencionando “...*Pero sí (y qué gran si) pudiéramos concebir en algún pequeño estanque cálido...*” refiriéndose al posible sitio donde existieran compuestos químicos y fuentes de energía para favorecer la complejidad de las moléculas orgánicas y luego pudiera surgir la vida (Lazcano, 2012).

Por tanto, Darwin estaba a favor de que la vida no se originó de manera espontánea, sino que los seres vivos surgieron como consecuencia de la evolución química de compuestos simples.

Es por todo lo resumido en este texto, que quizás (y qué gran quizás) los sistemas hidrotermales generados por impacto pudieron fungir como un ejemplo de ese pequeño estanque cálido en la Tierra primitiva... y más allá.

Referencias

- Cockell, C. S., & Bland, P. A. (2005). The evolutionary and ecological benefits of asteroid and comet impacts. *Trends in Ecology and Evolution*, 20(4), 175–179. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.01.009>
- Kirsimäe, K., & Osinski, G. R. (2012). Impact-Induced Hydrothermal Activity. In G. R. Osinski & E. Pierazzo (Eds.), *Impact Cratering: Processes and Products* (pp. 76–89). Blackwell Publishing. <https://doi.org/10.1002/9781118447307.ch6>
- Lazcano, A. (2012). The Origin and Early Evolution of Life: Where, When and How? In *Evolution: Education and Outreach* (Vol. 5, Issue 3, pp. 334–336). Bio-Med Central Ltd. <https://doi.org/10.1007/s12052-012-0452-8>
- Negrón-Mendoza, A., & Ramos-Bernal, S. (2004). The role of clays in the origin of life. *Origins*, 181–194.
- Oró, J. (1961). Comets and the Formation of Biochemical Compounds on the Primitive Earth. *Nature*, 190(4774), 389–390. <https://doi.org/10.1038/190389a0>
- Ortega-Gutiérrez, F. (2015). El origen geológico de la vida: una perspectiva desde la meteorítica. *Tip*, 18(1), 71–81. <https://doi.org/10.1016/j.recqb.2015.05.007>
- Osinski, G. R., Cockell, C. S., Pontefract, A., & Sapers, H. M. (2020). The Role of Meteorite Impacts in the Origin of Life. *Astrobiology*, 20(9), 1121–1149. <https://doi.org/10.1089/ast.2019.2203>
- Osinski, G. R., Tornabene, L. L., Banerjee, N. R., Cockell, C. S., Flemming, R., Izawa, M. R. M., McCutcheon, J., Parnell, J., Preston, L. J., Pickersgill, A. E., Pontefract, A., Sapers, H. M., & Southam, G. (2013). Impact-generated hydrothermal systems on Earth and Mars. *Icarus*, 224(2), 347–363. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2012.08.030>
- Tornabene, L. L., Osinski, G. R., McEwen, A. S., Wray, J. J., Craig, M. A., Sapers, H. M., & Christensen, P. R. (2013). An impact origin for hydrated silicates on Mars: A synthesis. *Journal of Geophysical Research E: Planets*, 118(5), 994–1012. <https://doi.org/10.1002/jgre.20082>
- OpenartAI (2024). <https://openart.ai/community/1oty-DDvhQrIM6hWALxjb>
- Canva (2024). https://www.canva.com/design/DAGJLHNXU4s/SBUABeF_SKLKUVJWkkH4lQ/view?utm_content=DAGJLHNXU4s&utm_campaign=designshare&utm_medium=link&utm_source=editor
- Lecturas recomendadas:
NASA Space Place (13 de junio de 24). ¿Asteroide o Meteoro? Recuperado el 26 de junio de 2024 <https://spaceplace.nasa.gov/asteroid-or-meteor/sp/>
NASA Space Place (1 de septiembre de 20). Los rovers de Marte: Curiosity. Recuperado el 26 de junio de 2024 <https://spaceplace.nasa.gov/mars-curiosity/sp/>
-
- Dra. Luisa Ramírez Vázquez.** Investigadora Posdoctoral cuya línea de investigación se enfoca en la evolución química y el papel que pudieron tener los impactos de asteroides y los sistemas hidrotermales generados por impacto en el origen de la vida, trabaja en los Laboratorios de Química de Plasmas y Estudios Planetarios (I y II) del Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM. Además es profesora de asignatura en la Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra. Email: luisa.ramirez@correo.nucleares.unam.mx
- Dra. Guadalupe Cordero Tercero.** Investigadora Titular A, se dedica a la investigación sobre las colisiones entre objetos cósmicos, cráteres de impacto, asteroides, cometas, meteoroides, meteoros, bólidos y meteoritas. Forma parte de la Sección de Riesgos Espaciales del Instituto de Geofísica, UNAM. Email: gcordero@igeofisica.unam.mx
- Dr. Jorge A. Cruz Castañeda.** Investigador Asociado C TC, sus líneas de investigación incluyen estudios de química de radiaciones enfocados a la evolución química, química prebiótica, química analítica, hidrotermalismo, simulación de atmósferas de planetas tipo terrestre, simulación de atmósferas extraterrestres, y simulación de ambientes extraterrestres con interés astrobiológico. Es responsable de la Unidad de Laboratorios “Dr. Rafael Navarro González”, que incluye a los Laboratorios de Química de Plasmas y Estudios Planetarios I y II del Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM. Email: jorge.cruz@nucleares.unam.mx

Descifrando los **Enigmas de la Vida:** Organismos Modelo en la **Investigación Científica**

Yolanda Camacho Villasana, Adolfo Armando Rayas Amor,
Rosy Gabriela Cruz Monterrosa y Rigoberto Vicencio Pérez Ruiz



Introducción

La investigación científica nos sumerge en un fascinante universo donde los secretos de la vida se revelan a través de experimentos ingeniosos. Dentro de este enorme escenario, los organismos modelo actúan como valiosas guías, permitiéndonos desentrañar los misteriosos secretos de la biología, para así tratar de entender el origen de la vida misma. ¿Te has preguntado alguna vez qué organismos se utilizan en los laboratorios? Seguramente has leído o has visto alguna película que te ha mostrado de manera ilustrativa algún modelo utilizado. En este artículo te presentamos algunos de los modelos que se utilizan en el laboratorio, así como los motivos por los cuales se volvieron populares dentro de las ciencias experimentales. Estos se presentan en la figura 1.

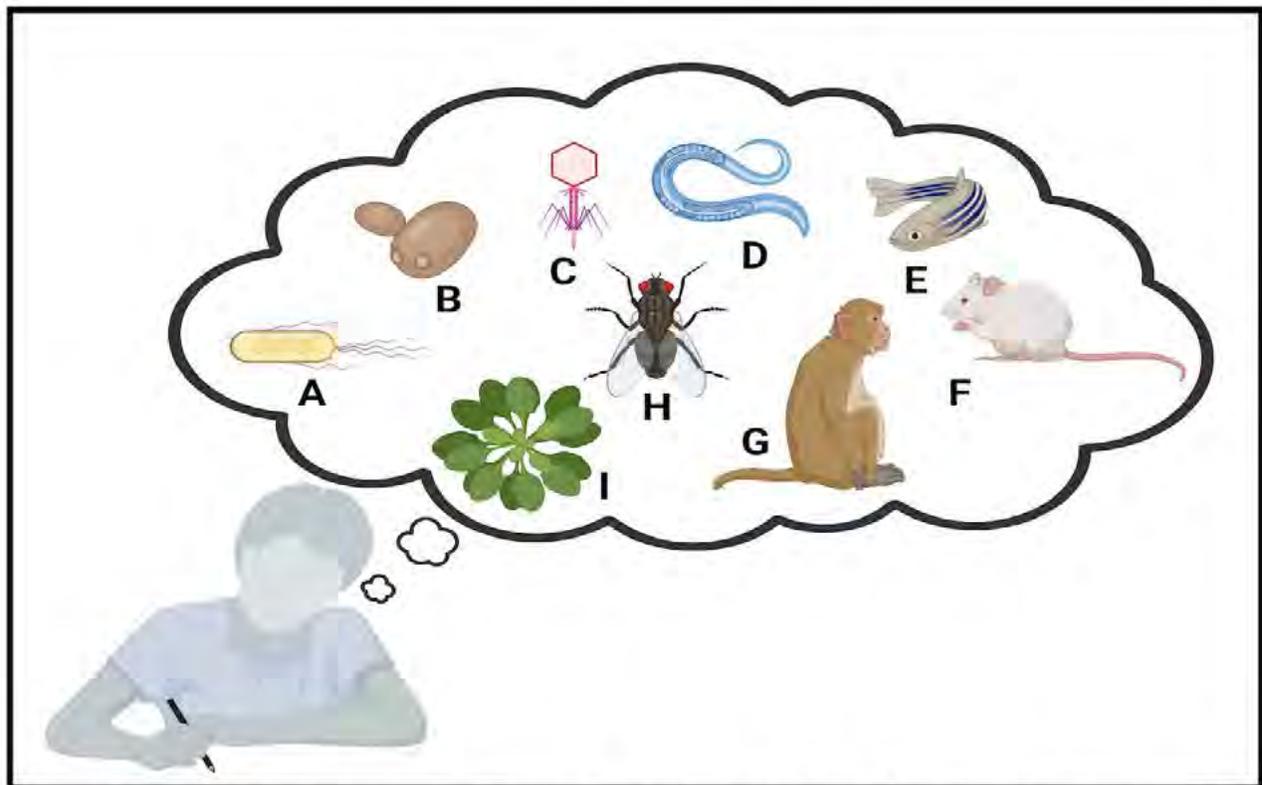


Figura 1. Diferentes organismos modelos utilizados en los laboratorios experimentales. Organismos microscópicos como las bacterias (A) y levadura (B), son ampliamente utilizadas por su facilidad de replicación. Los virus han ayudado a entender diversos procesos moleculares (C). Los modelos animales han permitido conocer mecanismos que desencadenan diversas enfermedades así como procesos biológicos que no se pueden estudiar directamente en humanos debido a implicaciones éticas, el gusano *C. elegans* (D), el pez cebra (E), el ratón (F), el mono Rhesus (G) así como la mosca de la fruta (H) han sido de gran ayuda. Finalmente, no puede faltar *Arabidopsis thaliana* (I), un modelo vegetal muy popular.

Virus: Más allá de los Paquetes Genéticos

Los virus, a menudo debatidos por su estatus de seres “vivos”, ¿o no vivos?, en fin, son socios insustituibles en el laboratorio. Estos “no organismos”, compuestos por ácidos nucleicos y proteínas, han permitido el descubrimiento de secretos cruciales, desde la replicación del ADN hasta la regulación génica. Su versatilidad ha sido fundamental en el desarrollo de vacunas, siendo esenciales en la lucha contra enfermedades infecciosas como la gripe, y el entendimiento de otras para la generación de medicamentos y terapias que ayuden a mitigar el efecto devastador que pueden causar en la célula. Tal es el caso del virus de inmunodeficiencia adquirida (VIH), y más recientemente, el coronavirus de tipo 2 causante del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2).

Bacterias: Universo Genético

En el caso de los organismos microscópicos como las bacterias, se destacan en el campo de la investigación, *Escherichia coli* (*E. coli*) que ha sido el modelo por excelencia, su rápida tasa de replicación y facilidad de manipulación genética han hecho de ella, aliada esencial en la comprensión de la regulación genética, síntesis de proteínas y la resistencia a antibióticos. *Bacillus subtilis* (*B. subtilis*) también ha sido un buen modelo de investigación por su ciclo de vida muy corto y que además forma esporas lo que lo hace un modelo útil en estudios de desarrollo y diferenciación celular. Otra característica de *B. subtilis* es que posee un sistema de secreción de proteínas bien caracterizado, lo que la hace un excelente productor de proteínas recombinantes, lo cual es aplicado en la industria biotecnológica.

Estas criaturas microscópicas han permitido el desarrollo de fármacos y estrategias para combatir diversas cepas patógenas y gracias a su estudio se han logrado importantes desarrollos en el área de la biotecnología en el aspecto médico, alimentario, de remediación ambiental y animal, entre otras. Además, ya se conocen los genomas de varios de estos microorganismos por el desarrollo de las herramientas de secuenciación masiva, lo que facilita el entendimiento de la genética de estos interesantes organismos.

Levadura: Más Allá del vino y del pan

La muy utilizada levadura *Saccharomyces cerevisiae*, misma que tiene un importante papel en la fermentación del pan y en la obtención de alcohol, al ser un organismo anaerobio facultativo, lo que quiere decir que puede vivir en presencia de oxígeno y respirar, o en ausencia de él y obtener energía de los azúcares del medio. Además, al ser un eucarionte unicelular, es de gran valor en la investigación. Su rápido ciclo de reproducción y la capacidad de generar mutantes han permitido avances significativos en la comprensión de procesos biológicos y bioquímicos. Su singularidad radica en su capacidad para generar mutantes mitocondriales, característica de pocos organismos, proporcionando aspectos claves para la comprensión de enfermedades humanas como el síndrome de Leigh que es una enfermedad neurodegenerativa con múltiples síntomas, tales como la sordera y debilidad muscular, que se presenta en bebés desde los tres meses de nacidos. Otro modelo muy utilizado es la levadura de fisión *Schizosaccharomyces pombe*, principalmente en estudios de ciclo celular y silenciamiento de genes con ARN de interferencia.

Parásitos: ayudan a curar enfermedades

Aunque parezca increíble también hay parásitos que causan enfermedades que sirven como modelos de investigación. Dos ejemplos son: *Plasmodium falciparum* y *Toxoplasma gondii*, ambos infectan principalmente a mamíferos. El primero, causa malaria y afecta a muchos países en el continente africano. Afortunadamente, es un modelo que se puede reproducir exitosamente dentro del laboratorio y esto permite el estudio de fármacos eficaces para combatir a esta devastadora enfermedad. *T. gondii* causa toxoplasmosis y es capaz de infectar una gran variedad de células, incluyendo neuronas, causando incluso cambios en el comportamiento del hospedero. Siendo un modelo importante para la generación de fármacos antiparasitarios.

Plantas: Arabidopsis, un modelo vegetal ampliamente utilizado

En el reino vegetal, *Arabidopsis thaliana* se erige como un magnífico modelo de estudio. Con su genoma pequeño y completamente secuenciado; esta planta ha permitido entender los misteriosos mecanismos de defensa contra condiciones adversas y patógenos y su capacidad para generar mutantes de manera eficiente ha transformado nuestro entendimiento de la regulación genética en las plantas. Su ciclo de vida, de aproximadamente diez semanas, es relativamente corto de hecho, es factible la obtención de miles de semillas por planta y resulta relativamente fácil transformarla genéticamente, lo que la convierte en un modelo vegetal que reduce el tiempo experimental, a diferencia de otras plantas con ciclos de vida mucho más largos, que pueden durar años. Ello permite que resulte mucho más sencillo estudiar procesos como la floración, desarrollo de semillas y fru-

tos, así como la interacción con microorganismos, entre muchos otros procesos.

De Gusanos a Peces: Modelos Animales Valiosos

El nemátodo *Caenorhabditis elegans*, es un pequeño gusano de ciclo de vida corto, fácil de reproducir en el laboratorio ya que puede ser hermafrodita. Su genoma también es conocido y ha sido ideal en el estudio de la regulación genética y función molecular. En la biología del desarrollo es un buen modelo para estudiar procesos biológicos parecidos a los que pueden ocurrir en humanos. Lo que se debe a que se conoce exactamente el linaje celular de las casi 1000 células que lo forman en la etapa adulta y al ser un organismo transparente, se puede visualizar su sistema nervioso y digestivo. Es empleado en estudios de neurobiología, de interacción entre neuronas, envejecimiento y hasta de comportamiento.

Por otra parte, la mosca de la fruta *Drosophila melanogaster*, ha sido un modelo excelente en genética desde hace más de 100 años, ya que gracias a esta pequeña mosca se postuló la teoría cromosómica de la herencia, también ha sido un modelo útil para el estudio del desarrollo embrionario. Además, al disponer de un sistema nervioso no tan simple, también ha sido útil en estudios de comportamiento, memoria y aprendizaje. Un aspecto muy interesante es que, gracias a su variabilidad genética, esta mosca ha permitido estudiar la evolución y adaptación.

Otro modelo muy interesante es el pez cebra (*Danio rerio*), cuyos embriones transparentes ofrecen la ventana única al desarrollo embrionario, en animales vertebrados. Además, es un buen modelo para estudiar el daño de compuestos como radicales libres (u oxidantes) y su efecto en el envejecimiento celular. Estos modelos animales relativamente sencillos simplifican la complejidad biológica, permitiéndonos desentrañar los secretos de la vida.

En los Mamíferos: Ratones, Ratas y ser humano

Los ratones y ratas (*Mus musculus* y *Rattus norvegicus*) se convierten en representantes destacados en la investigación médica, abordando preguntas fundamentales sobre diabetes, obesidad, neurología aprendizaje, memoria y muchos más. Por otra parte, dado que el humano no puede ser un “modelo” de estudio, por cuestiones éticas, los casos clínicos que se reportan en revistas médicas arrojan pistas sobre enfermedades y desafíos de la salud humana, que en múltiples ocasiones buscan el origen del problema en el genoma del paciente o defectos en rutas metabólicas, si bien, muchas veces las enfermedades diagnosticadas tienen un origen multifactorial. Un modelo muy parecido a los seres humanos, tanto genética como fisiológicamente, es el mono Rhesus (*Macaca mulatta*) el cual es utilizado principalmente en estudios de trastornos neurológicos, así como de otros aspectos asociados a la conducta, la memoria y el aprendizaje. De igual manera, al tener una estructura social similar a la de los humanos también ha sido útil para estudios de comportamiento social. Estos primates son susceptibles a la infección con un virus de inmunodeficiencia similar al VIH en humanos, lo cual lo convierte en un excelente modelo para el estudio de este tipo de infecciones, para probar posibles vacunas y fármacos.

Tabla 1. Respuestas que nos brindan los diferentes organismos modelo

ORGANISMO	ESTUDIOS
BACTERIAS: <i>E. coli</i> y <i>B. subtilis</i>	Regulación genética, síntesis de proteínas, generación de antibióticos
VIRUS	Replicación ADN, Vacunas
LEVADURAS: <i>S. cerevisiae</i>	Genética mitocondrial, respiración
PARÁSITOS: <i>P. falciparum</i> y <i>T. gondii</i>	Enfermedades, desarrollo de fármacos
PLANTAS: <i>A. thaliana</i>	Mecanismos contra patógenos, regulación genética, desarrollo vegetal
NEMATODOS: <i>C. elegans</i> PECES: <i>D. rerio</i> Moscas: <i>D. melanogaster</i>	Biología del desarrollo, neurobiología, genética, desarrollo embrionario, comportamiento y evolución
MAMIFEROS: ratones, ratas, mono Rhesus y humanos	Enfermedades, diabetes, obesidad, VIH, metabolismo, trastornos neurológicos, comportamiento y conducta

El Futuro de la Investigación: Más Allá de los Modelos Conocidos

En la ciencia, el panorama de la investigación evoluciona constantemente. Nuevos modelos y tecnologías emergen, llevándonos hacia una comprensión más profunda de la vida en todas sus formas. Los avances y desarrollos permiten el análisis a gran escala del estudio del metabolismo (metabolómica), de las proteínas (proteómica) y de los genes (genómica). Asimismo, las nuevas tecnologías computacionales facilitan la interpretación y entendimiento de los datos que se obtienen en este tipo de estudios, como los son la bioinformática y el modelamiento molecular. El descubrimiento de nuevos fármacos, para distintas enfermedades y el mejoramiento de nuestra calidad de vida es gracias a todos estos modelos de investigación.

Adicionalmente, las líneas celulares juegan un papel fundamental en la investigación científica, con las cuales se puede estudiar diversas enfermedades humanas, desarrollo de fármacos, así como el estudio del efecto de diversos compuestos químicos, etc. En lo que se refiere al uso de animales complejos como modelos en la investigación, al presentar implicaciones éticas, resulta muy importante generar conciencia sobre la necesidad de disponer de una infraestructura adecuada, así como del personal capacitado para el manejo correcto de animales en bioterios y vivarios.

Conclusión

Como conclusión, el presente artículo de divulgación pretende tratar de acercar al público lector a reconocer algunos modelos biológicos que se han utilizado tradicionalmente en los laboratorios, cada modelo tiene sus propias

características y ofrecen respuestas a diferentes interrogantes biológicas. Ello puede ser revisado, de manera resumida, en la tabla 1. Finalmente, es importante mencionar que no son los únicos modelos que se utilizan a nivel experimental dentro del laboratorio... ¡Hay muchos más!

Referencias consultadas

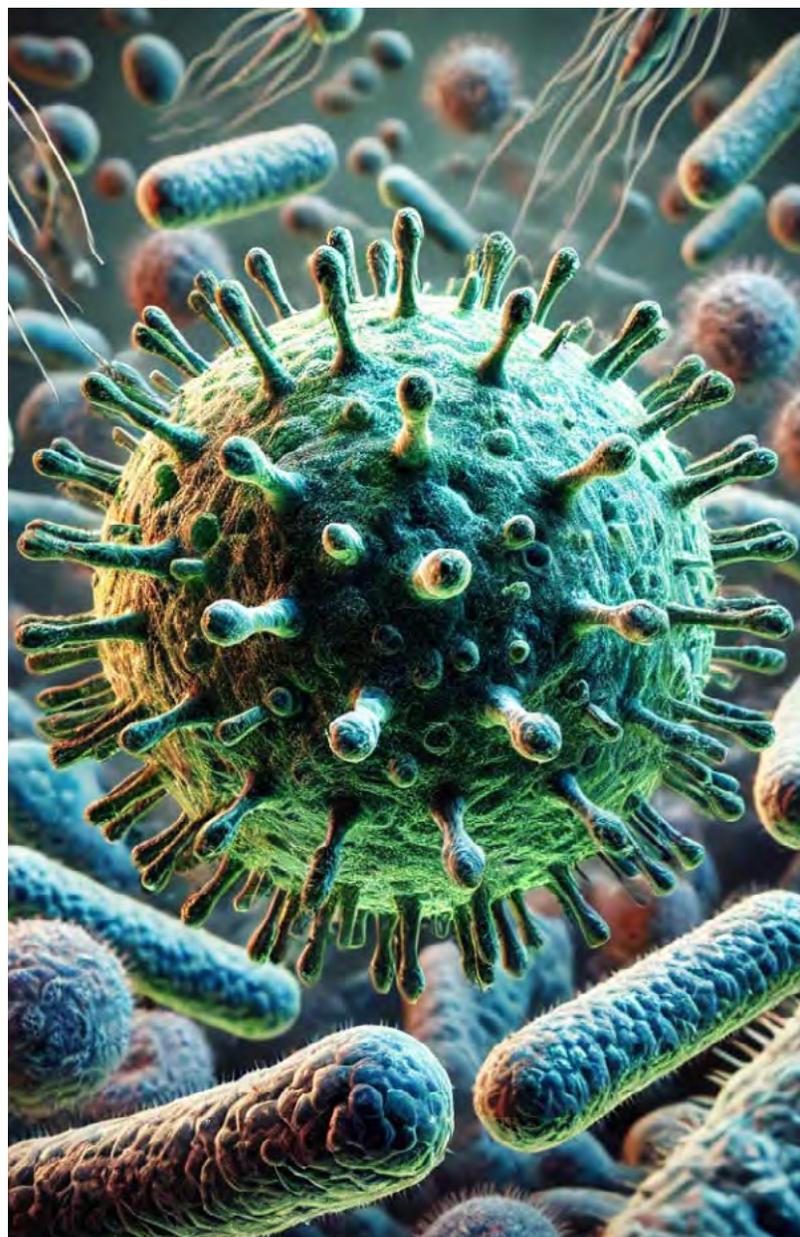
1. Bedell, M. A., Jenkins, N. A., & Copeland, N. G. (1997). Mouse models of human disease. Part I: techniques and resources for genetic analysis in mice. *Genes & development*, 11(1), 1-10.
2. Biorender program fue utilizado para realizar la figura 2, licencia No. XT26E88QXO.
3. Botstein, D., & Fink, G. R. (2011). Yeast: an experimental organism for 21st century biology. *Genetics*, 189(3), 695-704.
4. Chiou, K. L., Montague, M. J., Goldman, E. A., Watowich, M. M., Sams, S. N., Song, J., ... & Snyder-Mackler, N. (2020). Rhesus macaques as a tractable physiological model of human ageing. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 375(1811), 20190612.
5. English, M. A., Gayet, R. V., & Collins, J. J. (2021). Designing biological circuits: synthetic biology within the operon model and beyond. *Annual Review of Biochemistry*, 90, 221-244.
6. Harwood, C. R., & Cranenburgh, R. (2008). Bacillus protein secretion: an unfolding story. *Trends in microbiology*, 16(2), 73-79.
7. Félix, M. A., & Braendle, C. (2010). The natural history of *Caenorhabditis elegans*. *Current biology*, 20(22), R965-R969.
8. Koornneef, M., & Meinke, D. (2010). The development of *Arabidopsis* as a model plant. *The Plant Journal*, 61(6), 909-921.
9. Rubin, G. M., & Lewis, E. B. (2000). A brief history of *Drosophila*'s contributions to genome research. *Science*, 287(5461), 2216-2218.

Dra. Yolanda Camacho Villasana. Especialista en bioquímica y genética de levadura. Académica del Departamento de Genética Molecular del Instituto de Fisiología Celular-UNAM. Correo electrónico: ycamacho@ifc.unam.mx

Dr. Adolfo Armando Rayas Amor. Especialista en optimización de sistemas agropecuarios. Profesor-Investigador del Departamento de Ciencias de la Alimentación, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma. Correo electrónico: a.rayas@correo.ler.uam.mx

Dra. Rosy Gabriela Cruz Monterrosa. Especialista en ciencia y tecnología de la carne. Profesor-Investigador del Departamento de Ciencias de la Alimentación, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma. Correo electrónico: r.cruz@correo.ler.uam.mx

Dr. Rigoberto Vicencio Pérez Ruiz. Especialista en biología del desarrollo de plantas. Profesor-Investigador del Departamento de Ciencias de la Alimentación, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma. Correo electrónico: rv.perez@correo.ler.uam.mx



Esteroides:

Cuando pagan justos por pecadores

María del Pilar Cañizares Macías, Martín A. Iglesias Arteaga

Introducción

Hace algún tiempo, nos reunimos para ver el *Super Bowl*, la fecha de gala del Fútbol Americano donde todo se decide en un juego. El juego de fútbol americano es una combinación de estrategia y fuerza. Decidida la jugada, las montañas de músculos que compiten chocan, una para lograrla, otra para impedirla; mientras más fuertes sean, mejor. De vez en cuando alguien logra escapar con el balón y corre para tratar de avanzar muchas yardas, otros que corren tras él tratan de impedirlo. Mientras más veloces sean el que se escapa y los que lo persiguen, mejor. Se trata de ser más fuerte y más veloz

Reunirse con amigos o familiares para ver un partido de cualquier deporte es una buena ocasión para pasar un buen rato, comer, tomar algo y conversar. Es muy común que en esas reuniones haya alguien nuevo y en algún momento surge la pregunta ¿en qué trabajas?, la harás tú o te la harán.

Soy químico, -es lo que digo- y cuando me toca responder qué hago en química, entonces digo.... Ahh! pues hago investigaciones en el campo de los esteroides

¡¡¡ Esteroides!!! Upss, eso es peligroso.... ¿Cuántas veces me ha tocado escuchar eso? Muchas, y entonces me toca ponerme a explicar -rápidamente- lo que ahora en este escrito expondré con más detalles.

En este escrito se evitan conceptos complicados y se limitan los aspectos técnicos, pues pueden resultar enredados y aburridos para aquellos que no siendo especialistas se acercan a este texto con la intención de aprender un poco y aclarar algunas dudas.

¿Qué es un esteroide?

Según la definición de la Unión Internacional para la Química Pura y Aplicada -*IUAPC por sus siglas en Inglés*- los esteroides son compuestos que tienen un esqueleto de **perhidrofenantrenociclopentano** o un derivado de este.^[1] Como se puede observar en la Figura 1 superior, este esqueleto consiste en tres anillos de seis miembros fundidos entre sí, que están a la vez fundidos a un anillo de **cinco miembros**. Cada uno de los vértices o ángulos representa un átomo que generalmente es de carbono, aunque puede ser de oxígeno o nitrógeno. Aquí es necesario aclarar que los cuatro enlaces que tiene cada átomo de carbono no se muestran en la figura anterior.

De esta forma se puede dibujar y entender rápidamente qué es un esteroide. Obsérvese en la Figura 1 central las estructuras **1** y **2**, a las que han sido añadidos grupos que están enlazados al esqueleto **perhidrofenantrenociclopentano**.

Pero estas moléculas no son planas, son estructuras tridimensionales, que, como una caja, o un balón de fútbol, o nosotros mismos, tienen largo, alto y profundidad. A pesar de que no podemos ver las moléculas a simple vista, con ayuda de una técnica analítica llamada Difracción de Rayos X (DRX), es posible observar la estructura de muchas moléculas, esto es, ver cómo están organizados y enlazados cada uno de los átomos que la forman; algún día hablaremos de esa maravillosa técnica analítica. La Figura 1 inferior muestra las estructuras de los compuestos **1** y **2** determinadas usando DRX.

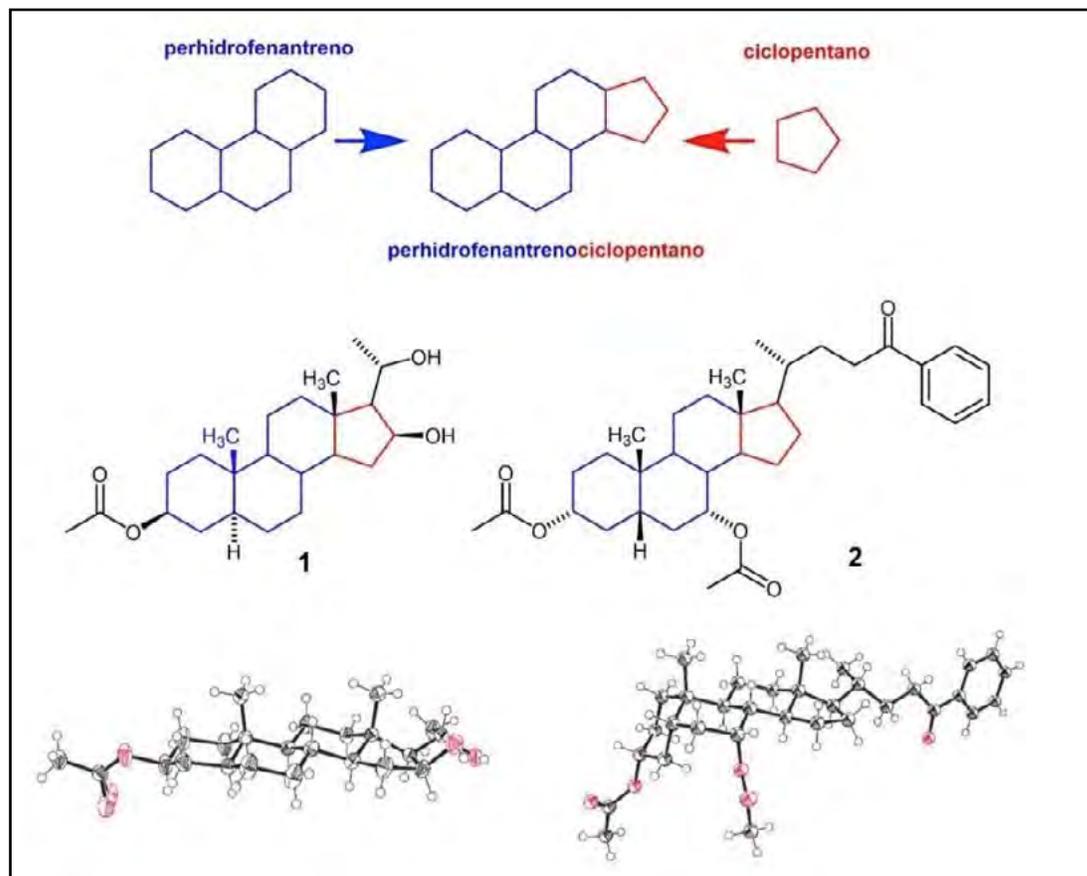


Figura 1. El esqueleto **perhidrofenantreno ciclopentano** y diferentes representaciones de los esteroides.

Después de esto, es fácil reconocer el esqueleto **perhidrofenantreno ciclopentano** en ambas estructuras, pero también puede apreciarse que a esos esqueletos están unidos otros grupos de átomos. La diversidad de los esteroides está dada por el gran número de posibilidades de sustitución de átomos de hidrógenos por otros átomos o grupos de átomos.

Así como los compuestos **1** y **2**, son derivados del **perhidrofenantreno ciclopentano**, hay otros que se generan por modificación del tamaño de los anillos ya sea contracción -disminución del número de átomos- o expansión -aumento del número de átomos. Otros derivados se generan por ruptura de alguno de los anillos.

Después de esta breve instrucción, ya estamos en condiciones de, en la mayor parte de los

casos, reconocer si el compuesto es un esteroide o no. Llamamos la atención sobre la frase “en la mayor parte de los casos”, pues hay estructuras donde el esqueleto **perhidrofenantreno ciclopentano** está tan modificado, que puede ser difícil de reconocer por alguien que no es experto en el tema. Pero de esas hablaremos al final de este escrito, cuando nos refiramos a una importante familia de esteroides.

¿De dónde proviene la mala fama de los esteroides?

Frecuentemente nos encontramos con la noticia que un deportista ha sido sancionado o suspendido por el uso de sustancias prohibidas. No se mencionan los nombres para no entrar en polémicas, pero es fácil constatar que la historia de las competencias de élite está llena de casos

así. Corredores, saltadores, halterofilistas, beisbolistas, nadadores, ciclistas, futbolistas...uff, la lista es interminable. Puede decirse que no hay deporte donde no haya sido reportado un caso de uso de sustancias prohibidas y si no es así, al menos se está muy cerca de eso.

¿Y qué creen? Aunque hay una gran variedad de sustancias prohibidas no esteroidales, la palabra esteroide constantemente aparece asociada al uso de sustancias prohibidas en el deporte. Si la persona promedio escucha o lee la palabra esteroide unida a la noticia de la suspensión o expulsión de un atleta por el uso de estas sustancias, es natural entonces que la gran mayoría que no está familiarizada con el tema asocie la palabra esteroide a algo dañino, ilegal, peligroso.

Quizás el escándalo más sonado -por lo masivo- fue el caso de los jugadores de las Ligas Mayores de Béisbol (MLB) que en 2005 fueron señalados por el uso de esteroides anabólicos. El escándalo fue tal que varias figuras prominentes de la MLB fueron llamadas a testificar ante el Congreso de los Estados Unidos de América.^[2] Quienes seguimos asiduamente el deporte sabemos que hay grandes jugadores de béisbol que han visto prohibida su entrada al salón de la fama de la MLB, por el uso de esteroides. También en el atletismo y en ciclismo hemos visto caer a muchos héroes que han terminado sus carreras con la mancha de haber usado esteroides anabólicos para incrementar artificialmente su rendimiento, o sea, que hicieron trampa.

Otro caso que llega a ser crítico es el de los llamados fisiculturistas. En sus competencias se premian físicos donde los músculos han crecido muchísimo más allá de lo normal con ayuda de ejercitación y en muchos casos bajo los efectos de esteroides anabólicos.

El lema olímpico reza, *Citius, Fortius, Altius* y su significado es "Más rápidos, más altos, más

fuertes" y de eso se trata, de vencer. Pero algunos deciden vencer a toda costa, inclusive haciendo trampas y comienzan a utilizar esteroides anabólicos que afectan de muchas formas su organismo.

Los pecadores. Esteroides Anabólicos

En particular los esteroides anabólicos son sustancias que provocan el crecimiento de tejidos musculares.^[3] La Figura 2 muestra la estructura de la testosterona (**3**) y de algunos esteroides anabólicos. La colección de esteroides anabólicos es muy extensa. Hemos suprimido las marcas comerciales, pues no es nuestro interés hacerles promoción a éstas, ni a su uso. Como puede verse los esteroides anabólicos son derivados de la testosterona (**3**) con algunas modificaciones estructurales, que hemos señalado en **violeta**. La testosterona (**3**) es la hormona masculina producida por los testículos y también tiene efectos anabólicos.

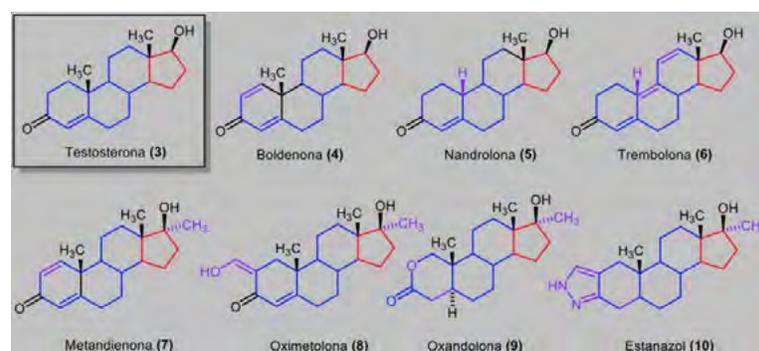


Figura 2. Estructura de la testosterona (1) y de algunos esteroides anabólicos (2-8)

Si bien desarrollar una musculatura voluminosa, ser más fuerte o correr más rápido puede parecer un signo de buena salud, si esto se logra artificialmente bajo la influencia de esteroides anabólicos, se puede pagar un alto precio en salud y en calidad de vida, pues el uso de esteroides anabólicos produce una serie de efectos nocivos entre los que se pueden citar: Cambios de humor como depresión o comportamiento agresivo; Deformaciones en fetos; Acné; Lentitud en coagulación de heridas; Cambios en el sistema inmunológico; Cefaleas; Hipertensión; Daño hepático; Daño renal; Enfermedades cardiovasculares; Ginecomastia (crecimiento de senos en los hombres); Pérdida de cabello; Hipertrofia prostática; Disfunción sexual; Atrofia testicular.^[3]

Estos no son todos los efectos, ni quiere decir que se presentaron todos a la vez. Cada uno de los efectos o combinación de estos es característico del uso de un esteroide anabólico en particular, pero cualquiera de estos efectos basta para espantarse. Algunas personas, por desconocimiento de sus efectos nocivos, hacen uso de esteroides para incrementar su rendimiento como atletas, otros lo saben y toman el riesgo. Pasa como con el tabaco; algunos fuman, porque no saben que les hace daño o creen que les hace poco daño, otros saben que les hace daño, pero deciden ignorarlo y siguen fumando.

Está bien, cada cual es libre de decidir qué hace con su cuerpo, pero hay reglas. Así como no se puede vender tabaco a menores de edad y está prohibido fumar en espacios cerrados; el uso de esteroides anabólicos para incrementar el rendimiento de los atletas está prohibido y si te pescan, pierdes la medalla que ganaste, recibes una sanción y hasta puedes ser suspendido de por vida.

¿Y cómo es que te pescan? ¿Cómo se detecta el uso de esteroides anabólicos?

Quizá creemos que el uso ilegal de anabólicos es un problema de los tiempos modernos, pero como en muchas cosas, nos equivocamos. Desde los años sesenta del siglo pasado las organizaciones internacionales prohibieron el uso de sustancias estimuladoras del sistema nervioso en los competidores, pero no fue sino hasta mediados de la década de los 70's que la Comisión Médica y Científica del Comité Olímpico Internacional estableció por primera vez la prohibición de esteroides anabólicos.

Aquí el problema está en que prohibir es muy fácil, pero controlar es mucho más complicado. Estas sustancias eran utilizadas por algunos deportistas porque sabían que no podían detectarse en su organismo, pues no se contaba con instrumentos suficientemente sensibles para identificarlas y mucho menos cuantificarlas. Así, vemos récords del mundo que se rompieron en esas décadas y que han sido imposibles de romper a pesar de los adelantos tecnológicos y las mejoras en el equipamiento y en los entrenamientos de los deportistas de élite.

La Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas es una de las técnicas más poderosas para determinar la presencia de cualquier esteroide e identificarlo, inclusive en cantidades extremadamente pequeñas. Esto permite detectar con gran precisión la presencia de esteroides anabólicos en los fluidos corporales de los atletas.

Imaginemos que tenemos un montón de estos compuestos disueltos en un líquido y los colocamos en una jeringa que tiene una aguja con un orificio del ancho de un cabello humano.

Introducimos esa aguja en un equipo, llamado cromatógrafo de gases, a través de un inyector que está a una temperatura cercana a 280 °C. Entonces el líquido se evapora y los compuestos son empujados por un gas como helio o nitrógeno, que no reacciona con los compuestos, y que los conduce a un horno, con temperaturas iguales o superiores al inyector, a través de un tubo muy delgado de 30 metros de largo -o más- que se llama capilar y que está recubierto de sustancias especiales que permiten que los compuestos lleguen a un detector de forma escalonada hasta que salgan todos.

Pero ¿cómo sabemos qué son cada uno de los compuestos? Es ahí cuando interviene el espectrómetro de masas. Este equipo permite identificar los compuestos por sus propiedades químicas. Cuando cada uno llega al espectrómetro hay un impulso electrónico, que digamos los va rompiendo, generando iones y estos iones también se van rompiendo. La combinación de esos fragmentos se llama patrón de fragmentación y cada compuesto tiene el suyo propio. Entonces, cuando se tienen los resultados, estos se comparan con la información que se tiene en bases de datos y así se identifican los compuestos presentes.

Claro, parece fácil, pero no lo es. Entre otras cosas, antes de que estos compuestos sean introducidos al cromatógrafo de gases las muestras de donde provienen se deben “limpiar” para separar solo los compuestos de interés y evitar interferencias que puedan dar resultados erróneos.

En los deportistas el análisis más común es en su orina. ¡Pero imaginen lo difícil que es detectar e identificar los esteroides anabólicos que puedan estar presentes! Estas sustancias están en cantidades muy bajas y la orina es muy compleja, por eso se necesita hacer más de una prueba para asegurar el resultado en laborato-

rios con la instrumentación adecuada y personal profesional capacitado. Esto puede parecer largo, pero todo el proceso es asistido por computadoras con poderosos programas que permiten repetir todo el análisis en unos minutos.

En resumen, gracias al desarrollo de las técnicas analíticas para la detección del uso prohibido de esteroides anabólicos, se hace otra vez válido el dicho popular de que primero se alcanza a un mentiroso, que a un cojo. No importa lo alto, fuerte o rápido que sea el mentiroso.

Los anabólicos en la medicina

Después de esto, los esteroides anabólicos quedan muy mal parados, de hecho, ya tenían muy mala fama, pero esto es injusto. Estas sustancias son usadas frecuentemente en la medicina para tratar casos de pérdida muscular o en retrasos de la pubertad en los hombres.

Lo justo sería decir, que el uso de esteroides anabólicos para incrementar artificialmente el rendimiento de los atletas es ilegal y peligroso. Pero estas sustancias cuando están en manos de médicos especializados constituyen herramientas útiles para el tratamiento de diferentes afecciones.

Los otros esteroides

La familia de esteroides es vasta y si nos ponemos a buscar, rápidamente encontraremos a otro villano, el colesterol **(11)**. ¿Cuántas veces hemos oído hablar de este compuesto? Muchas y casi todas en malos términos; que si tengo alto el colesterol, que es peligroso, que tengo que dejar de comer tal cosa porque sube el colesterol y así. Cierto, pero parcialmente. ¿Qué les parece si les decimos que si no fuera por el colesterol no estaríamos vivos? Pues es así, el colesterol **(11)** cumple funciones esenciales para

la vida, o sea es imprescindible para el funcionamiento del organismo. Mencionemos, sin análisis para no hacer largo y aburrido este escrito, dos de sus funciones más importantes:

- Forma parte de la membrana celular, que es esa barrera que encierra todos los organelos de la célula. O sea que sin el colesterol **(11)**, no existirían las células, ni nosotros.
- Es precursor biosintético de otros esteroides imprescindibles para la vida como las hormonas sexuales, los corticoesteroides, los ácidos biliares y la vitamina D (Figura 3).

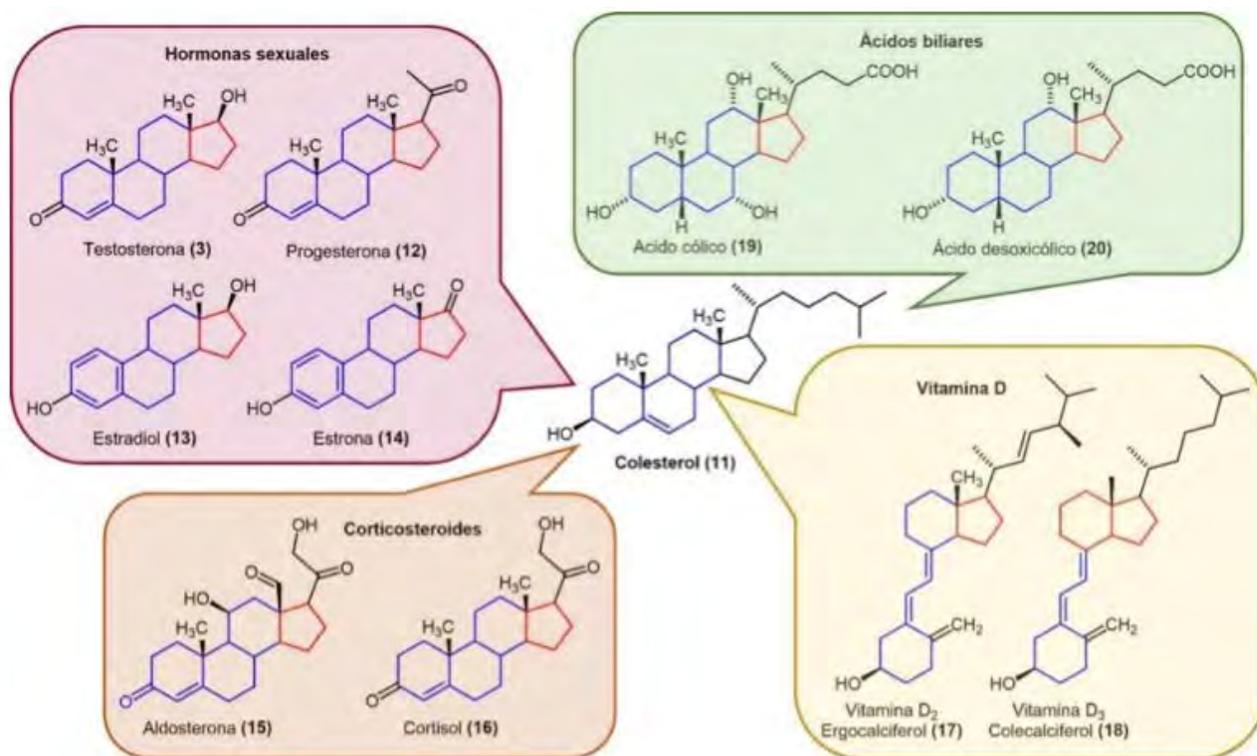


Figura 3. El colesterol **(11)** es precursor biosintético de esteroides imprescindibles para la vida.

Estos compuestos son imprescindibles para la vida y son biosintetizados a partir del colesterol **(11)** en diferentes partes del organismo como los ovarios, los testículos, la placenta, glándulas suprarrenales y el hígado, entre otras.^[4] Por su importancia, cada una de estas familias merece un escrito aparte.

¿Los esteroides en la sociedad?

Hablemos un poco de reproducción. México fue el lugar donde el 15 de octubre de 1951 se sintetizó el primer anticonceptivo oral, la noretisterona (21).^[5] Veamos la estructura (Figura 4), resulta que también es un esteroide.

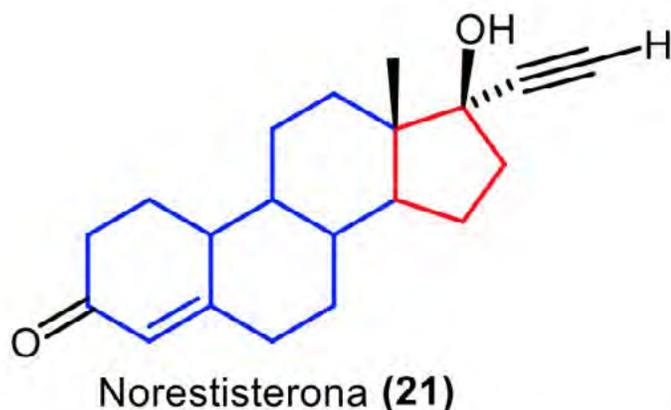


Figura 4. Estructura de la noretisterona (21) primer anticonceptivo oral.

¿Alguien puede negar el efecto que produjo este compuesto en la sociedad? Digámoslo así, por primera vez las mujeres tuvieron la opción de planificar la maternidad, lo que les permitió o al menos les facilitó incorporarse de forma activa a la sociedad. O sea, que los esteroides no solo producen efectos fisiológicos, también producen importantes efectos en la sociedad.

Los esteroides en las plantas y los insectos

Los esteroides no son patrimonio exclusivo de los seres humanos, ni siquiera de los mamíferos en general. Quizás las dos familias más representativas que justifican esta afirmación son los brasinoesteroides (**22-25**) y los ecdisteroides (**26-29**) Figura (5).

Los brasinoesteroides pueden ser aislados de todos los órganos de las plantas y son considerados hormonas de crecimiento vegetal. Adicionalmente incrementan la resistencia de las plantas a condiciones adversas como la sequía, las altas y bajas temperaturas, la alta salinidad y el azote de plagas. Esto ha sido utilizado para incrementar el rendimiento de productos agrícolas como el arroz y las hortalizas.^[6]

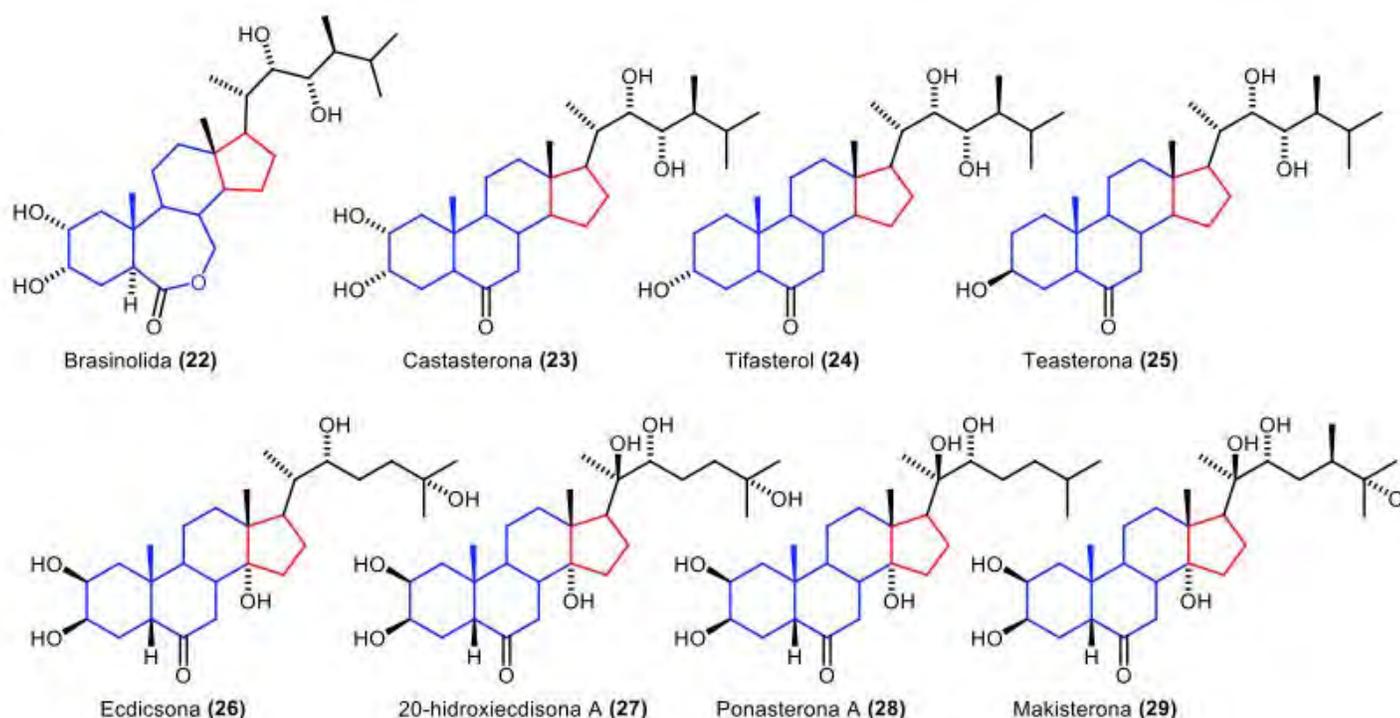


Figura 5. Estructura de algunos brasinoesteroides y ecdisteroides.

Los ecdisteroides son considerados hormonas de muda de los insectos, o sea, producen y regulan los procesos de metamorfosis que sufren los insectos desde que son larvas, hasta que son adultos completamente desarrollados y aptos para reproducirse. Recientemente se ha descubierto que algunos ecdisteroides también tienen actividad anabólica.^[7]

Conclusiones

Quedan decenas de familias de esteroides por mencionar y sería imposible abordarlas. Poco a poco nos iremos refiriendo a las más importantes en escritos como éste que sólo cumple el objetivo de mostrar que la palabra esteroides, está asociada a peligro o ilegalidad en los casos en que se hace mal uso de ellos.

Siempre pagan justos por pecadores, como se oye en el dicho popular, pero en este caso los pecadores no son los esteroides; los pecadores son aquellos que hacen mal uso de ellos. Los pecadores son los atletas tramposos que los usan para incrementar artificialmente sus rendimientos y los entrenadores que incentivan o son cómplices de esta práctica, con el objetivo de dar ventaja artificial a unos atletas, sobre otros que compiten siguiendo las reglas y alcanzan sus objetivos sin hacer trampas.

Nota. En este escrito evitamos utilizar referencias a literatura especializada. Los documentos que se citan pueden ser consultados libremente en la internet. Para estos fines se proporciona la liga correspondiente. El libro citado en la referencia 5 está disponible en diferentes librerías del país o puede adquirirse en línea.

- [1] Quimica.es. Esteroides: disponible en < <https://www.quimica.es/enciclopedia/Esteroides.html> > consultado el 21 de octubre de 2022.
- [2] El Universo "Congreso de EE.UU. investiga el uso de esteroides en el béisbol" disponible en < <https://www.eluniverso.com/2005/03/18/0001/15/0B376AD5868A41A2B3AA4E40705621E0.html/> > consultado el 21 de octubre de 2022.
- [3] MedLinePlus "Esteroides anabólicos:" disponible en < <https://medlineplus.gov/spanish/anabolicsteroids.html#:~:text=%C2%BFPara%20qu%C3%A9%20se%20usan%20los,uso%20de%20los%20esteroides%20anab%C3%B3licos.> > consultado el 21 de octubre de 2022.
- [4] Aleph Prieto, G.; Villamar-Cruz, O.; Saqui-Salces, M.; Neri-Gómez, T.; Almaraz-Nieves, A.; Hernández-Molina, V.I.; Valdez Rodríguez, H.; Camacho-Arroyo (2003), ¿Cómo actúan las hormonas esteroides? I. Educación Química, 14(4), 196-201
- [5] Djerassi, C. (1996) La píldora, los chimpancés pigmeos y el caballo de Degas. 1ra ed. México FCE.
- [6] Iglesias Arteaga M.A.; Pérez-Gil, R.; Coll, Manchado, F. (1996) Brasinoesteroides naturales y análogos sintéticos Revista CNIC Ciencias Químicas, 27(1-3): 3-12.
- [7] Smart Nutrition: "Ecdisterona:" disponible en < <https://www.smart-nutrition.es/l/ecdisterona/> > consultado el 21 de octubre de 2022.

Dra María del Pilar Cañizares Macías.

Profesora Titular del Departamento de Química Analítica, Universidad Nacional Autónoma de México. Correo electrónico: pilarm@unam.mx

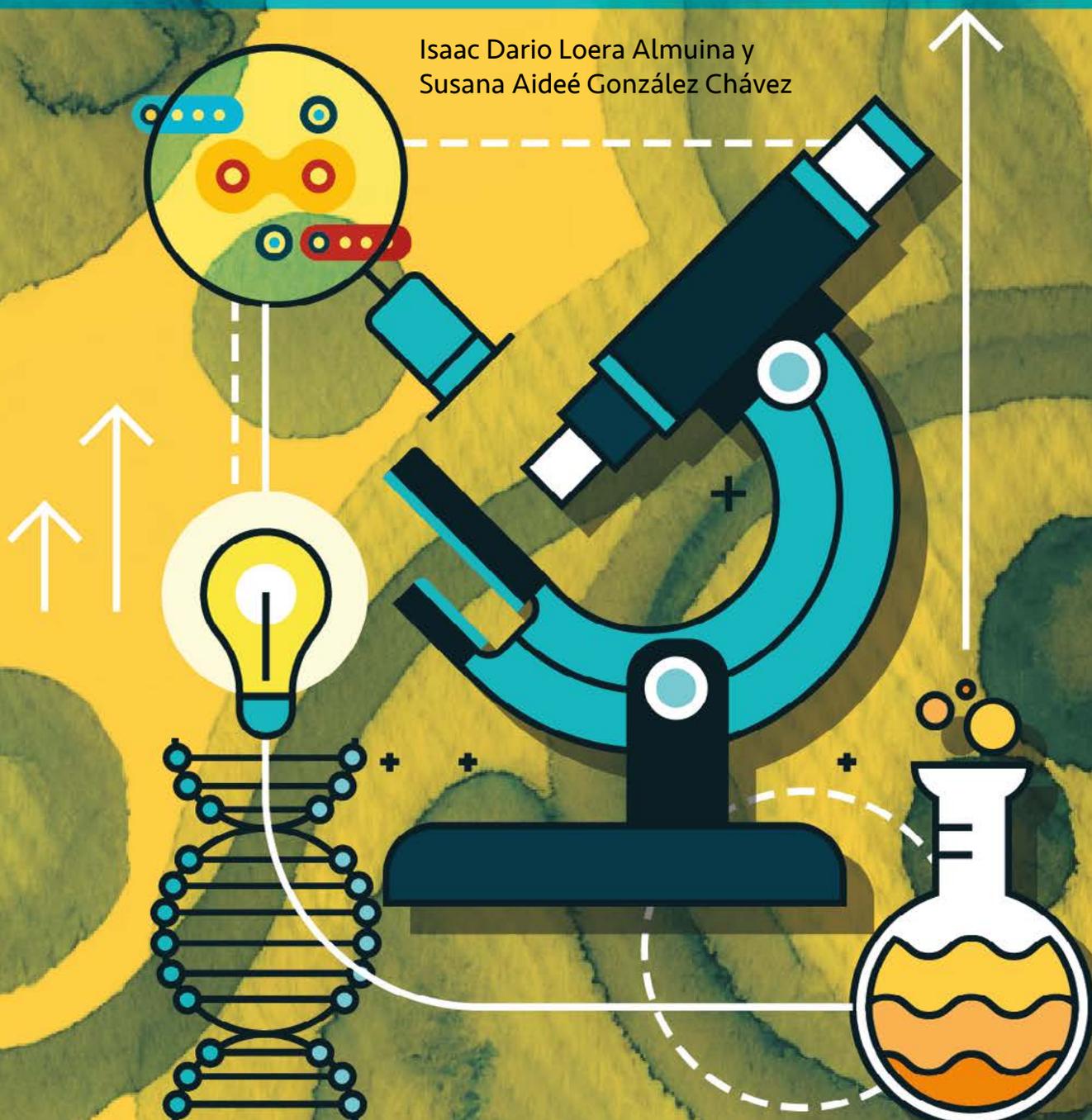
Dr. Martin A. Iglesias Arteaga.

Profesor Titular del Departamento de Química Orgánica, Universidad Nacional Autónoma de México. Correo electrónico: martin.iglesias@unam.mx

¿Qué nos revela la tinción de Gram?

Explora el microcosmos bacteriano

Isaac Dario Loera Almuina y
Susana Aideé González Chávez



INTRODUCCIÓN

Las bacterias son pequeños organismos formados por una sola célula (unicelulares) clasificadas como procariotas ya que no tienen núcleo y su material genético está libre por su citoplasma. Las bacterias se reproducen dividiéndose a sí mismas, proceso conocido como fisión binaria. Se cree que las bacterias fueron las primeras formas de vida en la tierra (Oiseth *et al.*, 2023); sin embargo, no fue hasta el siglo XVI con la invención del microscopio óptico y la confirmación de la teoría celular que el hombre pudo ver por primera vez a estos pequeños organismos en muestras de pacientes enfermos (Ledermann, 2012).

Desde entonces la necesidad de ver y clasificar las diferentes células han llevado a los científicos a buscar técnicas para poder colorear las bacterias y así poder verlas y describirlas. Después de explorar una gran variedad de técnicas que no fueron tan efectivas, en 1847 Hans Christian Gram fue el responsable de diseñar la técnica de tinción que hoy conocemos como “Tinción de Gram” la cual colorea a las bacterias con un color azul/morado y de rosado/rojo según sus características estructurales, dando origen a una de las clasificaciones más conocidas para identificar bacterias: Gram positivas para las color azul-morado y Gram negativas para las color rojo-rosado (Rodríguez & Arenas, 2018).

¿CÓMO SE HACE Y CÓMO FUNCIONA?

La tinción de Gram se basa en el uso de 4 compuestos: Cristal Violeta, Yodo-Lugol, Alcohol-acetona y Safranina para teñir a las bac-

terias en una serie de pasos que se describen a continuación, pero se representa gráficamente en la *Figura 1* y con la ayuda de un microscopio óptico podremos observar posteriormente.

Para realizarla necesitamos un portaobjetos que es una lámina de vidrio en donde se coloca y se fija la muestra que se teñirá. El primer paso es cubrir completamente con el cristal violeta, un colorante morado que entra a todas las bacterias presentes sin importar si son Gram positivas (+) o Gram negativas (-), luego se lava la laminilla con agua cuidando que esta no caiga directamente en la muestra para eliminar el exceso de colorante morado. Posteriormente, cubrimos la muestra con el yodo-lugol el cual es un compuesto de Yodo (I_2) con Yoduro de Potasio (KI) que se une al cristal violeta tomando una coloración negruzca/marrón para volverlo insoluble en agua, y que de esta manera al entrar a las bacterias Gram positivas estas no se decoloran en el siguiente paso, que es un lavado con una solución de alcohol-acetona la cual vuelve soluble el compuesto yodo-cristal violeta en las bacterias Gram negativas, que son incapaces de retener el color, dejándolas incoloras después del lavado con agua. Después, es necesario poner un contraste sobre aquellas bacterias que no se colorearon con el cristal violeta (Gram negativas) para poder verlas al microscopio, para lo cual se usa el colorante safranina, que da la coloración rojiza a las bacterias que no fueron coloreadas por el cristal violeta (Smith & Hussey, 2005). Finalmente se deja secar y se coloca la laminilla en el microscopio óptico con el aumento de 100X para poder observar las bacterias adecuadamente tal como se ve en la *Figura 2*.

PROTOCOLO DE TINCIÓN DE GRAM

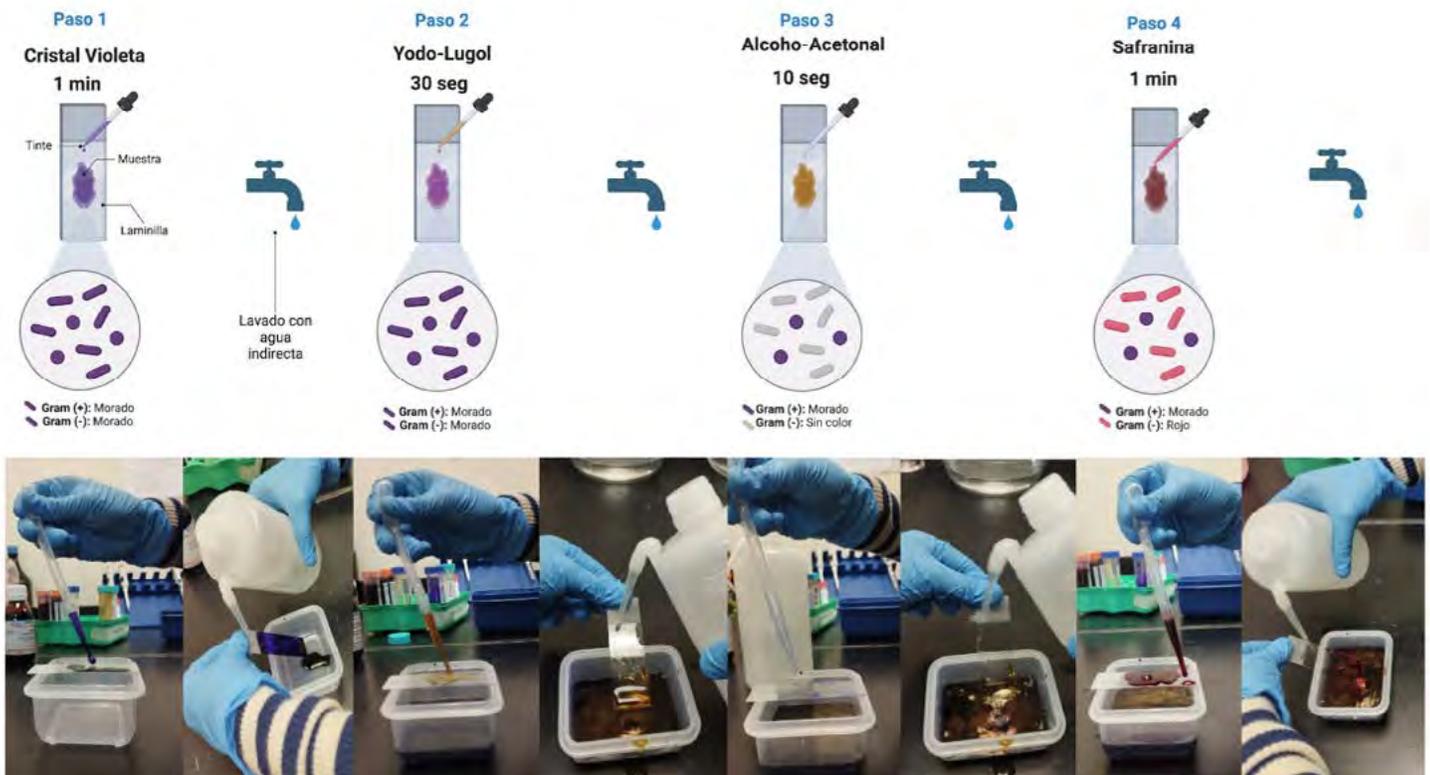


Figura 1. Protocolo de la tinción de Gram.

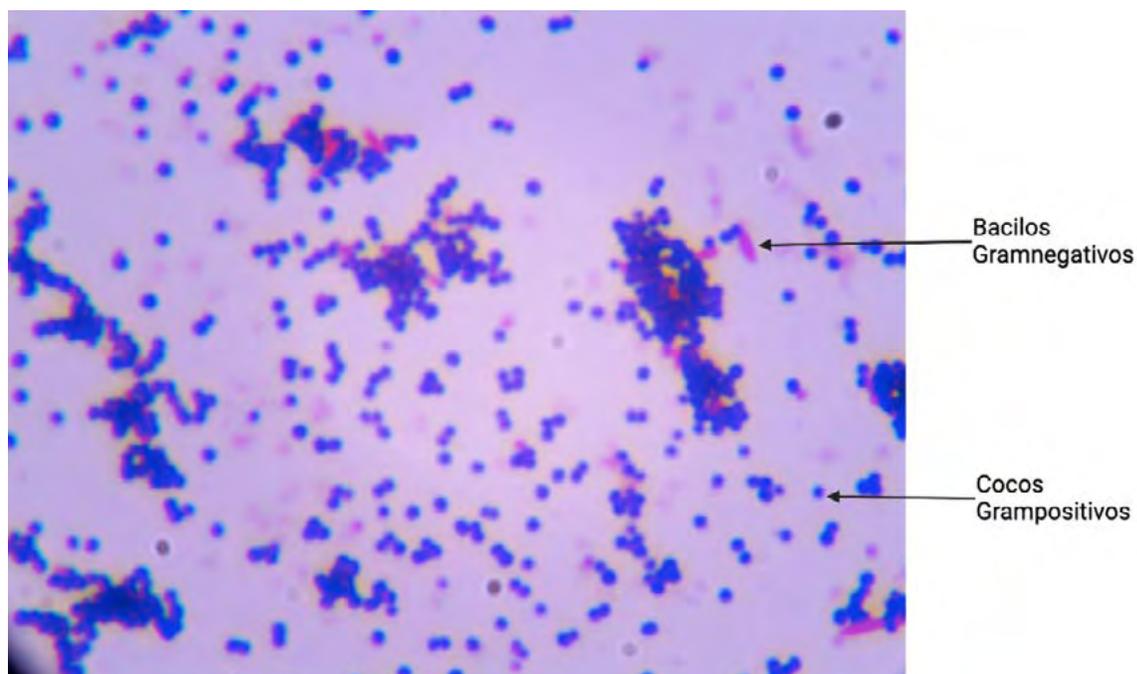


Figura 2. Frotis de cultivo de *Escherichia Coli* (Gram Negativo) y *Staphylococcus aureus* (Gram Positivo) teñido con tinción de Gram. Vista por microscopio óptico con aumento 100X.

LAS BACTERIAS GRAM POSITIVAS Y GRAM NEGATIVAS

Las bacterias, al igual que nuestras células humanas, tienen una membrana formada por moléculas de fosfolípidos acomodados en dos capas que separa el citoplasma del ambiente exterior. Sin embargo, las bacterias tienen una característica especial que las hace diferentes de nuestras células y es que cuentan con una pared celular externa que ayuda a protegerlas del medio ambiente (temperatura, agentes químicos, antibióticos, etc.) y dependiendo del grosor de esta pared celular es que podemos diferenciar a las bacterias Gram positivas de las Gram negativas. Como se ve en la *figura 3*, las bacterias Gram positivas cuentan con una pared celular compuesta de peptidoglucanos que es muy gruesa y que impide la entrada o salida de ciertas moléculas, incluyendo al cristal violeta durante la tinción de Gram, dejándolo atrapado y explicando el color morado que las caracteriza. Por otro lado, las bacterias Gram negativas tienen una pared de peptidoglucanos muy delgada ubicada en un espacio llamado espacio periplásmico entre la membrana citoplasmática y una segunda membrana de fosfolípidos externa que es muy similar a la membrana citoplasmática; estas capas no son capaces de retener el cristal violeta por lo que al lavarlas con el alcohol-acetona pierden el color morado y es necesario colorearlas nuevamente con la safranina de color rojo/rosado para poderlas observar al microscopio. (Green, 2002).

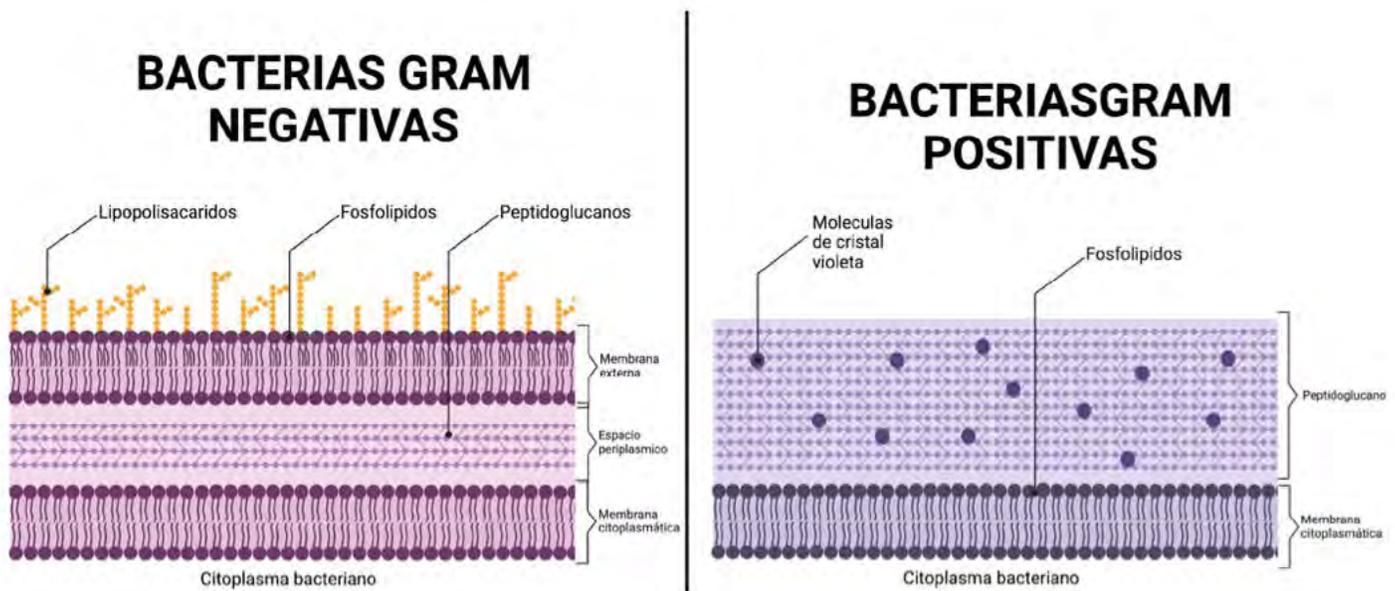


Figura 3. Estructura de la membrana y pared celular de las bacterias Gram positivas y Gram Negativas

LA UTILIDAD DE LA TINCIÓN DE GRAM EN LA MEDICINA

Gracias a la tinción de Gram es que se han mejorado ampliamente las investigaciones en el ámbito de la microbiología y la medicina ya que con esta se han podido identificar mucho más fácilmente las diferentes bacterias existentes en el ambiente y en aquellas enfermedades humanas

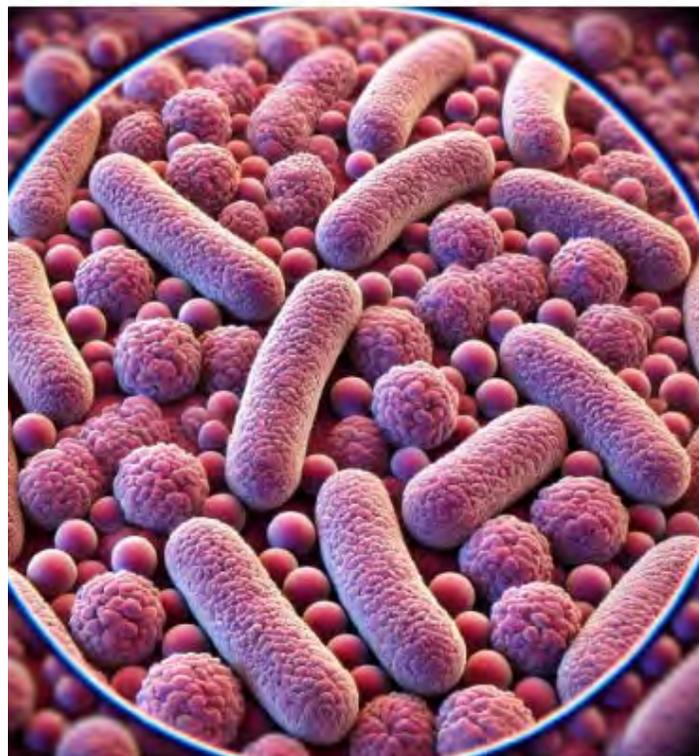
causadas por bacterias y es que en la medicina es necesario poder identificar aquellas bacterias que afectan al ser humano para poder dar un tratamiento adecuado, específico para aquel microorganismo que esté causando la enfermedad presente.

Referencias

- Green, D. W. (2002). The bacterial cell wall as a source of antibacterial targets. *Expert Opinion on Therapeutic Targets*, 6(1), 1–20. <https://doi.org/10.1517/14728222.6.1.1>
- Ledermann, W. (2012). ¿Quién las vio primero? *Revista Chilena de Infectología*, 29(3), 348–352. <https://doi.org/10.4067/S0716-10182012000300017>
- Oiseth, S., Jones, L., & Maza, E. (2023). Bacteriología. *Lecturalia*. <https://www.lecturio.com/es/concepts/bacteriologia-descripcion-general/#:~:text=La disciplina de la bacteriología, que invadían las células huésped.>
- Rodríguez, P., & Arenas, R. (2018). Hans Christian Gram y su tinción. *Dermatología Cosmética, Médica y Quirúrgica*, 16(2), 166–167.
- Smith, A. C., & Hussey, M. (2005). *Gram Stain Protocols*. American Society for Microbiology, 1(1), 1–9.

MPSS Isaac Dario Loera Almuina, Médico pasante del servicio social, adjunto al Laboratorio de Patogenia y Biomedicina Molecular PABIOM de la Facultad de Medicina y Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Email: a318998@uach.mx

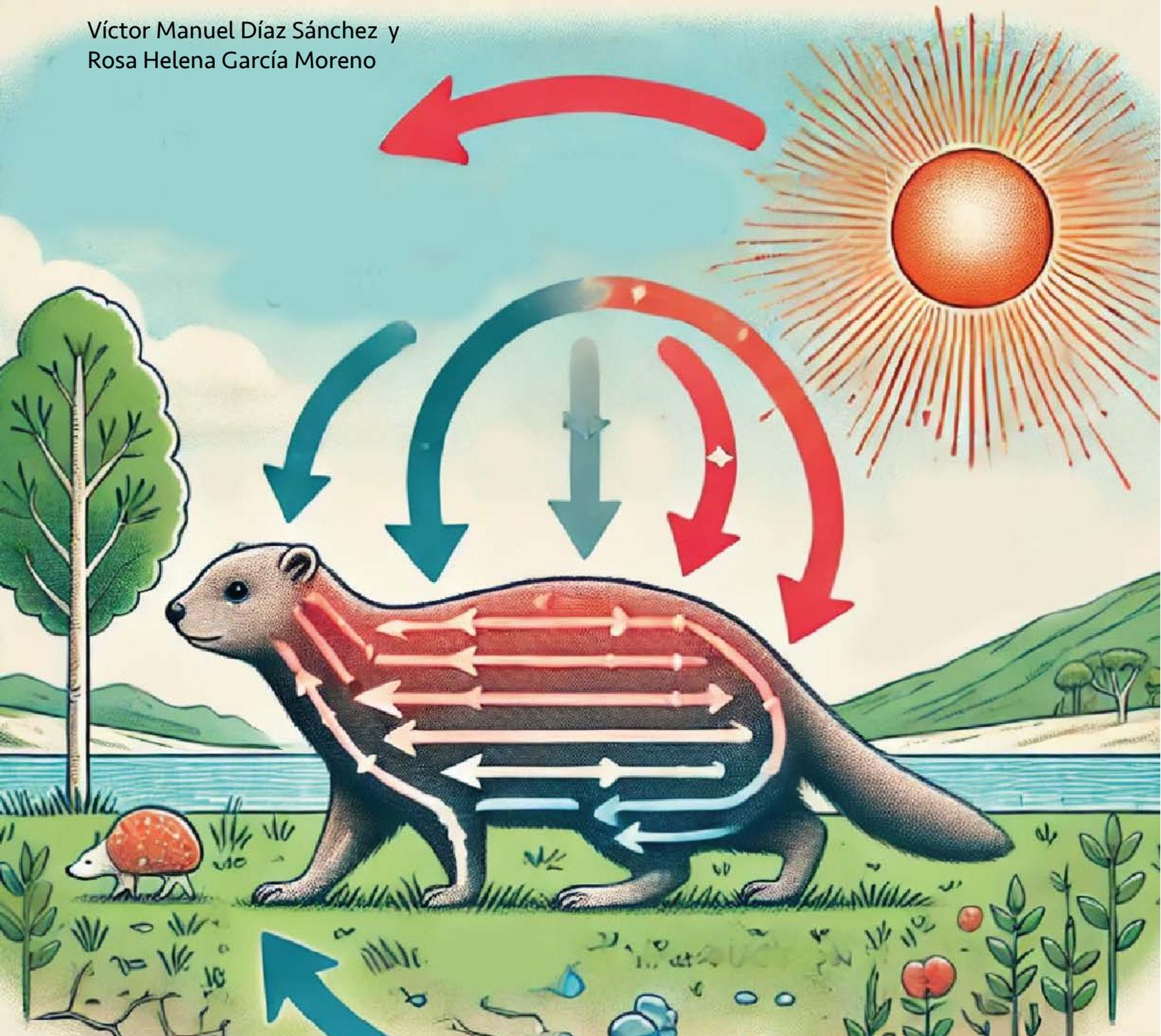
Dra. Susana Aideé González Chávez es Química Bacterióloga Parasitóloga, Maestra en Ciencias en Biotecnología y Doctora en Ciencias de la Cultura Física. Profesora e investigadora del Laboratorio PABIOM de la Facultad de Medicina y Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores en el Nivel 2. Desarrolla investigación en patogenia, diagnóstico y tratamiento de enfermedades inflamatorias e infecciosas. Tiene amplio conocimiento en el manejo de modelos murinos de inflamación y en el análisis molecular de los procesos inflamatorios.. Email: sagonzalez@uach.mx



Termorregulación:

La ciencia detrás del equilibrio térmico en los animales

Víctor Manuel Díaz Sánchez y
Rosa Helena García Moreno



La temperatura corporal central es uno de los parámetros más estrictamente regulados de la fisiología, cuyas variaciones se deben, además de la temperatura corporal, al ritmo circadiano en los animales (Kurz, 2008). La termorregulación es el mantenimiento de una temperatura corporal central relativamente constante (Tansley & Johnson, 2015). Es importante mencionar que muchos de los eventos fisiológicos dependen de la temperatura; la actividad enzimática, efectora de muchas de las funciones del organismo, se desarrolla mejor a una cierta temperatura (óptima), por encima y por debajo de la cual las reacciones bioquímicas son menos eficientes (Lifshitz, 2007).

Los receptores de frío y calor se distribuyen por todo el cuerpo. Las entradas térmicas están integradas en numerosos niveles dentro de la médula espinal y el sistema nervioso central (Figura 1), llegando finalmente al hipotálamo, que es el controlador termorregulador dominante en los mamíferos (Kurz, 2008). La termorregulación refleja, es totalmente ajena a la voluntad del individuo, existen termorreceptores que detectan los estímulos térmicos. La información detectada por los receptores es enviada por vías aferentes hasta el hipotálamo, con relevos en la médula espinal y el mesencéfalo. El centro integrador hipotalámico organiza su respuesta a los estímulos térmicos y envía señales nerviosas a través de vías diferentes. Estas señales alcanzan finalmente a los órganos efectores capaces de conservar o disipar la energía térmica, de manera que la temperatura corporal permanece constante (López Dávila, 2014).

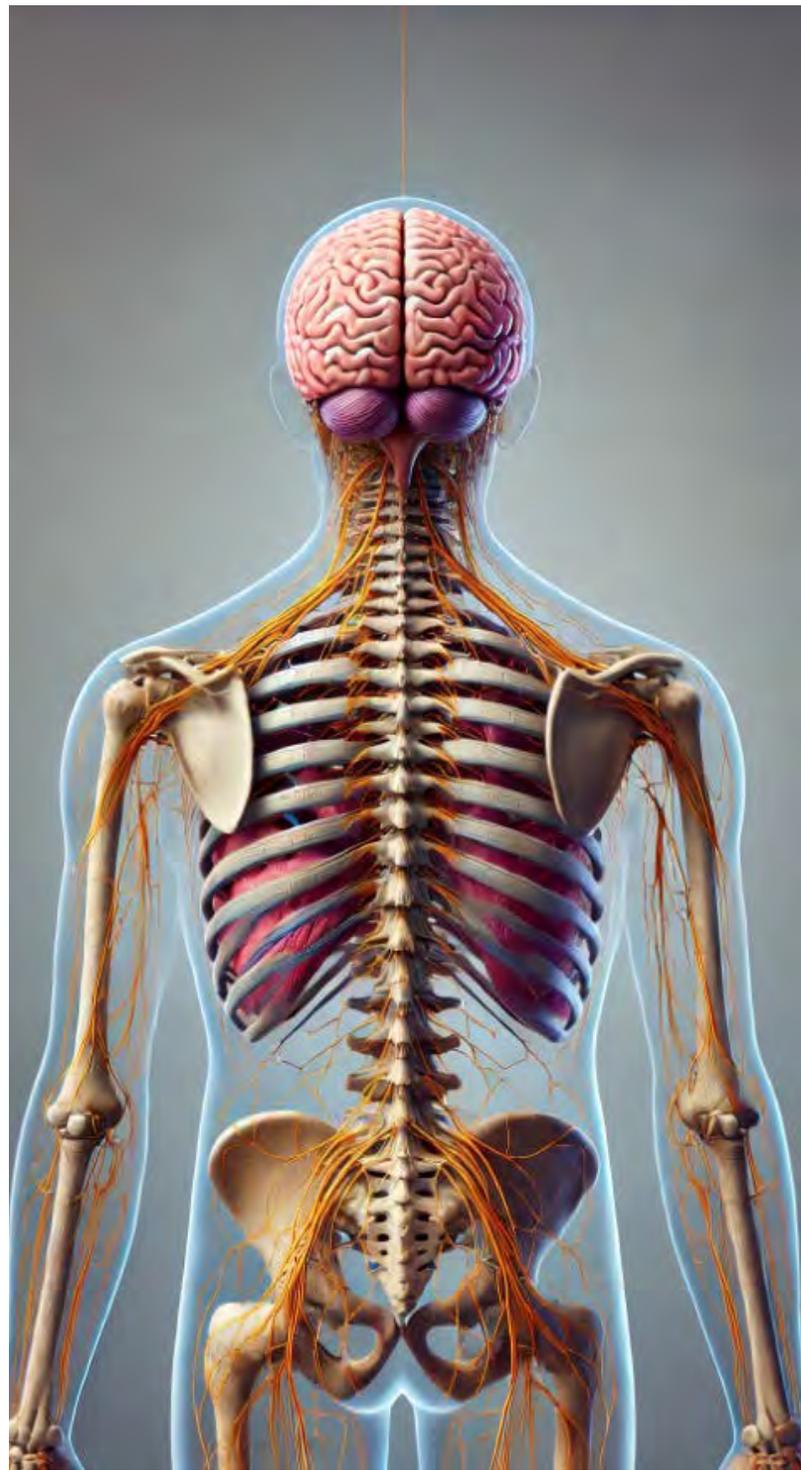


Figura 1. Sistema nervioso central

Los animales tienen diferentes estrategias para regular la temperatura de sus tejidos, descritos en el cuadro 1, y comprenden modificaciones somáticas, endocrinas, conductuales y las originadas en el sistema autónomo (Barret *et al.*, 2013).

Tabla 1.
Mecanismos reguladores de la temperatura
(Barret *et al.*, 2013)

Mecanismos activados por el frío
Escalofríos
Hambre
Mayor secreción de noradrenalina y adrenalina
Menor pérdida de calor
Vasoconstricción cutánea
Acurrucamiento
Mecanismos activados por el calor
Mayor pérdida calórica
Vasodilatación cutánea
Sudoración
Taquipnea
Menor producción de calor
Anorexia
Apatía
Inercia

Los organismos ectotérmicos (poiquilotérmicos) no tienen un sistema interno de termorregulación tan desarrollado, por lo cual desarrollan conductas que los llevan a buscar temperaturas que armonicen con sus necesidades metabólicas y requieren menor energía y mayor capacidad de sobrevivencia con menos

alimentos por periodos prolongados de tiempo, como en el caso de la mariposa Monarca, emigran de Canadá a México en busca de una mejor temperatura ambiental. Por otro lado, los endotérmicos (homeotérmicos) pueden mantener una temperatura relativamente constante gracias a un sistema integrado, que permite a estos animales vivir en climas con diferentes temperaturas, por lo que requiere un consumo energético elevado (Lifshitz, 2007).

Cuando se ingiere alimento, se produce calor en todas las etapas del proceso metabólico. Con el tiempo, toda la energía alimentaria se convierte en calor, que se disipa hacia el medio ambiente y se irradia al exterior (Klein, 2014). La angustia emocional de estar demasiado caliente o frío es un factor importante para motivar el comportamiento para buscar o producir una temperatura ambiente más “cómoda” y se acompaña el establecimiento de una temperatura ambiente homeostática (es decir, dentro de la zona termoneutral). Por la recompensa (satisfacción) de estar en un ambiente termal agradable (Morrison & Nakamura, 2011).

El metabolismo basal (MB) es el índice de metabolismo energético medido en condiciones de mínimo estrés mientras el animal está en ayunas. El MB es mayor en los homeotermos que en los poiquilotermos y mayor en mamíferos más pequeños que en los más grandes por la mayor relación superficie/volumen de los primeros, que proporciona más superficie para perder calor. Dentro de los principales mecanismos para estimular la generación de calor ante un ambiente frío están: tejido adiposo marrón o grasa parda, corazón y músculo esquelético (escalofríos). Por otro lado, el calor se transfiere más eficazmente por la sangre, que recoge el calor y lo transfiere a las partes más frías del

cuerpo por convección. El calor se produce sobre todo en los músculos de las extremidades y el hígado, se elimina a través de la piel y el tracto respiratorio, por lo que es necesario distribuirlo por todo el cuerpo (Klein, 2014).

La piel juega un papel fundamental en el proceso de termorregulación. El calor se disipa del cuerpo cuando la sangre se acerca a la superficie de la piel. Esto se logra a través de la vasodilatación de los vasos sanguíneos de la piel (Tansey & Johnson, 2015). La vasoconstricción cutánea, el mecanismo efector utilizado más sistemáticamente, reduce la pérdida de calor metabólico de la convección y la radiación de la superficie de la piel (Kurz, 2008). Cuando peligra el mantenimiento de la temperatura del cerebro y vísceras, se distribuye el flujo sanguíneo y se le conoce como temperatura núcleo corporal (Klein, 2014). En el caso de una sobrecarga térmica, las arteriolas de los lechos vasculares dérmicos se dilatan, permitiendo al aumento del flujo capilar. Después se abren por anastomosis arteriovenosas de las extremidades, hocico y orejas. De esta manera los tejidos periféricos se calientan y facilitan la pérdida de calor. Las respuestas al estrés por frío son: vasoconstricción periférica, piloerección y aumento de la producción metabólica de calor mediante termogénesis con o sin tiritera (Klein, 2014). En estas situaciones, los vasos se contraen gracias a las catecolaminas, provocando una menor pérdida de calor (Barret et al, 2013). A medida que disminuye la temperatura ambiente, los homeotermos conservan inicialmente el calor a través de la vasoconstricción periférica. Esto genera un gradiente de temperatura en las extremidades y reduce la temperatura de la piel, de manera que queda solo un pequeño gradiente térmico para perder calor por radiación y convección. La piloerección crea un aislamiento y disminuye la pérdida de calor.

Todos los mamíferos adultos pueden temblar, como también los neonatos nacidos en estados avanzados de desarrollo, como los corderos o los potrillos. Los cachorros y otros recién nacidos menos desarrollados no tiritan: dependen del calor de la madre y el nido para protegerse del enfriamiento. Algunos de estos y otros mamíferos pequeños tienen grasa parda, origen de la termogénesis sin tiritera (Klein, 2014). Esta respuesta es involuntaria del músculo estriado y causa incremento general semiconsciente de la actividad motora (Barret et al., 2013). El aislamiento se define como la resistencia al flujo de calor, y cuanto más gruesa es la capa de grasa debajo de la piel (“grasa subcutánea”), mejor es el aislamiento resultante en el frío. El músculo también puede proporcionar niveles significativos de aislamiento cuando está en reposo (Tipton, n.d). Por otro lado, la exposición crónica de los animales al frío provoca un aumento de la secreción de tiroxina y del metabolismo basal, que incrementa la producción de calor. Cuando los animales se alojan en condiciones tales que reciben luz natural, el grosor de su capa de pelo aumenta durante las épocas frías del año. Este crecimiento se debe a la disminución de la luz natural a medida que se acerca el tiempo frío (Klein, 2014).

Existen diferentes maneras de intercambiar el calor con el ambiente como lo es la radiación desde la superficie corporal hacia un objeto más frío (Figura 2); por convección, que es la transferencia de calor a un gas o líquido en movimiento; por evaporación de las secreciones respiratorias, sudoración o saliva y por conducción hacia superficies más frías con las que el animal se encuentra en contacto (Tansey & Johnson, 2015). La importancia relativa de los diferentes modos de perder calor por evaporación es variable en los mamíferos. En los caballos y

el ganado vacuno la sudoración es la forma más importante. La oveja suda, aunque el jadeo tiene también gran referencia. El perro pierde calor por evaporación casi exclusivamente a través del jadeo. Incluso los roedores pequeños, que ni jadean ni sudan, aumentan la pérdida de calor por evaporación de la saliva o haciéndola más acuosa (Klein, 2014).



Figura 2. Estrategias de regulación de temperatura en los animales.

Para todos los mamíferos y las aves existe una temperatura ambiental a la cual pueden mantener su temperatura corporal dentro de los límites normales, principalmente a través de mecanismos vasomotores (Klein, 2014). Los animales también utilizan métodos de comportamiento para resistir la sobrecarga de calor. Entre ellos se incluyen buscar sombras, meterse en el agua o revolcarse en el fango; sin embargo, no están disponibles en muchas granjas. El productor debe asumir una mayor responsabilidad para la comodidad y supervivencia de los animales (Tansey & Johnson, 2015).

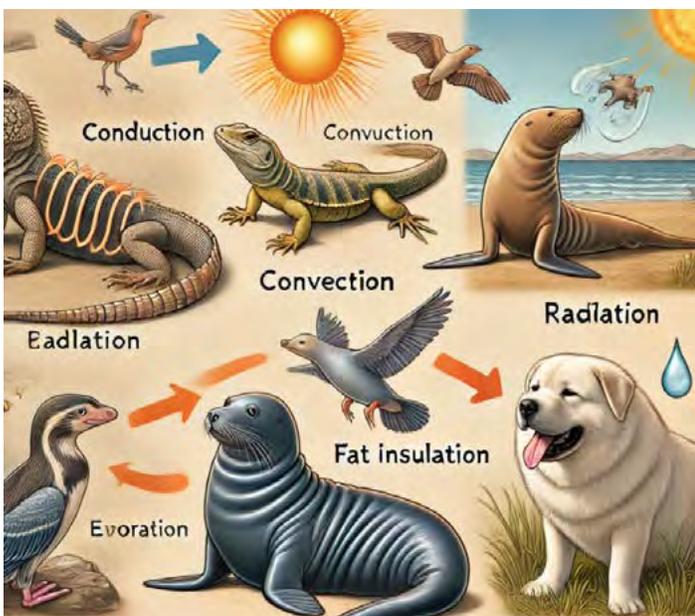
Por otro lado, la fiebre es un signo definitorio más antiguo y universal de la enfermedad y está presente en diferentes especies. Algunos estudios indican que, durante la infección, el aumento de la temperatura corporal refuerza la actividad de los leucocitos, lo que disminuye la morbilidad y mortalidad del animal por infec-

ciones (Barret et al., 2013). La introducción de un pirógeno en la circulación activa el sistema de calentamiento, el mismo exactamente que se activa cuando hace frío. Pirógeno es un término genérico que se aplica precisamente a cualquier sustancia capaz de poner en actividad el calentamiento. Entre algunos ejemplos de pirógenos se encuentran las prostaglandinas, interleucina (IL-1) y factor de necrosis tumoral (TNF) (Lifshitz, 2007). Durante este proceso hay tiritera, vasoconstricción periférica, piloerección y conducta de amontonarse (Klein, 2014). Para su tratamiento se utilizan antiinflamatorios no esteroides (AINE: aspirina, unixina, ibuprofeno), que se encarga de bloquear el ciclo de ácido araquidónico que bloquea la producción de prostaglandinas (Klein, 2014).

Existe otro mecanismo conocido como hipertermia y es la elevación de la temperatura por mecanismos diferentes a la fiebre. Se presenta

cuando se altera o rebasa la termorregulación normal. En esta situación se pierde la capacidad de termorregulación y se utilizan medios físicos y antitérmicos para su tratamiento. Algunos ejemplos son: hipertermia del ejercicio, golpe de calor, deshidratación, entre otras (Haenlein & Anke, 2011).

El golpe de calor se produce cuando la producción o la entrada de calor supera la eliminación, generando un incremento de temperatura corporal a niveles peligrosos. Esto se presenta en climas calurosos y húmedos. Cuando la temperatura supera los 41.5 o 42.5 °C se compromete seriamente la función celular y se pierde la conciencia. Por otro lado, la congelación se produce cuando se forman cristales de hielo en los tejidos de las extremidades, generado por una vasoconstricción para conservar el calor. Estos cristales rompen la integridad de los tejidos y puede aparecer gangrena. Por lo general, la congelación se evita al dilatarse el músculo liso vascular con el frío extremo, lo que provoca la entrada de sangre caliente. Parece ser que este último mecanismo trabaja de forma adecuada en animales que pasan el invierno a la intemperie en climas nórdicos (Klein, 2014).



Referencias

- Barret, K. E., Barman S. M., Boitano, S., Brooks, H. (2013). Fisiología Médica. McGraw Hill. México, D.F.
- Haenlein, G. F. W., & Anke, M. (2011). Mineral and trace element research in goats: A review. *Small Ruminant Research*, 95(1), 2–19.
- Klein, B. G. (2014). *Cunningham Fisiología Veterinaria*. Elsevier. Barcelona, España.
- Kurz, A. (2008). Physiology of Thermoregulation. *Best Practice and Research: Clinical Anaesthesiology*, 22(4), 627–644.
- Lifshitz, A. (2007). Fiebre y otras formas de elevación térmica. *Revista de Investigación Clínica*, 59(2), 130–138.
- López Dávila, A. J. (2014). Actualidad en Termorregulación. *Revista de Ciencias Del Ejercicio Y La Salud*, 12(2), 1–36.
- Morrison, S. F., & Nakamura, K. (2011). Central neural pathways for thermoregulation. *Frontiers in Bioscience (Landmark Edition)*, 16, 74–104.
- Tansey, E. A., & Johnson, C. D. (2015). Recent advances in thermoregulation. *Advances in Physiology Education*, 39(3), 139–148.
- Tipton, M. J. (n.d.). Chapter 2 – Thermoregulation. *Environment*, 1–6.

Dr. Víctor Manuel Díaz Sánchez. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Departamento de Ciencias Pecuarias.
Email: victordiaz@cuatitlan.unam.mx

MVZ Rosa Helena García Moreno. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Posgrado. Email: helenagar1997@gmail.com

Vivir para germinar:

La Ciencia detrás de la longevidad de las

semillas



Rojas-Raya, M. A., Ávila-Hernández, C. A.
y Raya-Pérez, J. C.

Las Angiospermas: Guardianas de la Biodiversidad

Las angiospermas, o plantas con flores, son un grupo fascinante y diverso que ha colonizado casi todos los rincones de la Tierra. Estas plantas tienen una característica especial: protegen sus semillas dentro de un ovario, que luego se convierten en fruto.

Dicho tipo de plantas se diversificaron por primera vez durante el periodo Cretácico, hace más de 100 millones de años. Desde entonces han evolucionado y diversificado en una amplia variedad de tamaños y formas. Los fósiles de flores, frutos y semillas de estas plantas nos proporcionan pistas valiosas sobre su historia evolutiva. Por ejemplo, las semillas fósiles de *Lactoris*, una planta que todavía existe hoy en día, nos ayuda a entender cómo eran las primeras angiospermas y cómo han cambiado con el tiempo.

La importancia de las plantas con semillas

La diversidad biológica del mundo depende en gran medida de las angiospermas. Estas plantas son esenciales para la supervivencia de una amplia gama de seres vivos, incluidos animales, insectos, hongos y hasta microorganismos. Sin las más de 350,000 especies de angiospermas, nuestros ecosistemas perderían estabilidad y la vida tal como la conocemos se vería gravemente afectada.

¿Qué hacen especiales a las semillas de las angiospermas?

Las semillas de las angiospermas son verdaderos milagros de la naturaleza. Se clasifican según su capacidad de almacenamiento:

1. **Semillas Ortodoxas:** Pueden almacenarse durante largos periodos sin perder su capacidad de germinar. Este tipo de semillas puede soportar niveles muy bajos de humedad (hasta un 3.5 %) sin sufrir daños.
2. **Semillas Recalcitrantes:** No se pueden almacenar por mucho tiempo; solo duran unos pocos meses antes de que pierdan vigor y su capacidad de germinación disminuye. Estas semillas necesitan un contenido de agua alto, alrededor del 30 %, para mantenerse viables.
3. **Semillas Intermedias:** Tienen una capacidad de almacenamiento entre las ortodoxas y las recalcitrantes. Pueden soportar el almacenamiento por un tiempo corto, pero no tanto como las ortodoxas.

Las de cereales, o leguminosas como el frijol y el garbanzo generalmente se almacenan con 10-12 % de humedad.

La germinación: Un milagro natural

La germinación de una semilla depende de varios factores ambientales como la luz roja o infrarroja, la humedad y la temperatura. Algunas semillas incluso responden a estímulos sorprendentes, como el humo de incendios forestales, el material leñoso quemado o carbonizado, se sabe que la celulosa y la hemicelulosa constituyen fuentes efectivas de estimulantes de la germinación. Un potente agente que promueve la germinación de semillas de una amplia gama de plantas dependientes e independientes del fuego es el 3-methyl-2H-furo [2,3- c] pyran-2-one, una clase de butenol, fusionada a un anillo de pirano que se encuentra presente en el humo. Para distinguirlo de otros butenólidos

fue renombrado karrikinolide (karrik siendo una palabra tradicional para humo en el idioma del pueblo aborigen Noongar del suroeste de Australia) y abreviado como KAR1. Es así como, existen diversos factores que influyen en el inicio de la germinación de las semillas, esto es sin duda, crucial para la conservación y preservación de la diversidad de plantas y de los cultivos.

La Composición Química de las semillas

Para que una semilla puede almacenarse y germinar en el momento adecuado, necesita una composición química específica. Las semillas suelen ser ricas en carbohidratos, proteínas y, en algunos casos, aceites. Por ejemplo, las semillas de cereales y legumbres como el frijol y el garbanzo almacenan almidón y son ricas en proteínas, mientras que otras, como las de girasol y soja, tienen un alto contenido de aceite. Algunas especies también pueden contener cantidades significativas de azúcares simples.

Una planta modelo en composición bioquímica, es la planta del Mediterráneo llamada *Cinara cardunculus*, cuya semilla es rica en polisacáridos y polifenoles. Se ha reportado que, al cuantificar los elementos de *Cynara cardunculus* se encontraron el B, N, Na, P, Cl, K, Ca, Mn, Fe, Br, Rb, W, P, Sc, Cu, cuyos valores, eran semejantes a los encontrados en la semilla de alcachofa (zuecas) *Cynara scolymus*. Un grupo de plantas de interés son las heliconias, que tienen un valor comercial importante como flores de ornato, plantas para maceta, y uso de hojas para preparar alimentos. La composición de las semillas de distintas especies es muy parecida, se ha observado que, al analizar cuatro especies de heliconias la composición bioquímica es similar. *Heliconia collinsiana* y *H. latispatha*, presentan

taninos y almidón en endospermo, con mayor presencia de taninos en *H. bourgaeana* y *H. psittacorum*. También se observó mayor contenido de ácido abscísico (ABA) y de B, Ca, Mg, Mn, Fe y Zn; existiendo ligeras variaciones en el contenido de elementos. Por otro lado, *H. psittacorum*, a 85 días después de la siembra presentó los menores niveles de B, Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, P y Zn y la germinación in vitro fue de 18, 30, 3 y 32 % para *H. bourgaeana*, *H. collinsiana*, *H. latispatha* y *H. psittacorum*, respectivamente. La capacidad germinativa varía de una especie a otra dependiendo del tiempo de almacenamiento.

Semillas que desafían al tiempo

La longevidad de la semilla es el período de tiempo durante el cual puede permanecer viable. La longevidad es un fenómeno complejo regido por varios factores intrínsecos y extrínsecos a los que están expuestas durante la madurez y el almacenamiento. Su longevidad se correlaciona significativamente con otros parámetros de calidad de la semilla, como la germinación,



el vigor, la viabilidad y la permeabilidad de la cubierta de la semilla, que afectan el crecimiento y desarrollo del cultivo. Durante el almacenamiento de semillas, estas se deterioran, pierden vigor y, como resultado, se vuelven más sensibles al estrés durante la germinación y finalmente mueren. Algunas semillas tienen una capacidad increíble para resistir el paso del tiempo. Un ejemplo sorprendente es el de las semillas de *Silene stenophylla*, que lograron germinar después de haber estado congeladas durante más de 32,000 años. Otro caso es el de las semillas de loto, que lograron germinar después de 1,300 años. Estas semillas son ejemplos asombrosos de cómo la vida puede persistir en condiciones extremas.

Durante las excavaciones de Masada, una fortaleza herodiana construida durante la segunda mitad del primer siglo antes de nuestra era (a. C.), fueron descubiertas semillas antiguas. Las semillas fueron almacenadas en una habitación a temperatura ambiente durante cuatro décadas. Se llevaron a cabo experimentos de esta colección en el año 2005, después de 8 semanas, una semilla germinó y dio origen a plantas de dátiles (*Phoenix dactylifera* L) normales. Las altas temperaturas estivales y escasas precipitaciones en Masada pudieron contribuir a la longevidad excepcional de la semilla al minimizar la generación de radicales libres, una causa importante de envejecimiento. Otros casos muestran la longevidad de ciertos ejemplares, como, semillas de *Canna compacta*, cuya edad data de hace más de 600 años.

Así, la larga vida de las semillas, en dormancia o reposo, puede garantizar en alguna medida la recuperación de una cubierta vegetal bajo ciertas condiciones, aunque para hacerla efectiva generalmente se requieren incluso de toneladas de semilla para cubrir un área aprecia-



ble y, en algunos casos, se requiere de la presencia de hierbas, malezas o arbustos que protejan a las plántulas por asomar a través del suelo.

Preservando la Biodiversidad para el futuro

El Banco de Semillas de Svalbard, situado en el Ártico, es un ejemplo de los esfuerzos humanos para preservar la biodiversidad. Este banco almacena más de 5,000 especies de semillas y actúa como un seguro para el futuro, protegiendo las semillas de plantas importantes en caso de una catástrofe global.

Conclusión

Las angiospermas no solo son esenciales para la biodiversidad y la estabilidad de nuestros ecosistemas, sino que también nos muestran cómo la naturaleza ha perfeccionado la conservación de la vida a través de millones de años. Cada semilla es un testimonio de la increíble adaptabilidad y resistencia de las plantas, y nos recuerda la importancia de proteger y conservar la biodiversidad para las generaciones futuras.

Bibliografía sugerida para el tema:

- Bytof, G.; Sven-Erik Knopp, S.E.; Kramer, D.; Björn Breitenstein B.; Jan H.; Bergervoet, W.; Steven P. C. Groot and Dirk Selmar (2007). Transient occurrence of seed germination processes during coffee post-harvest treatment. *Ann. Botany* 100:61-66. doi:10.1093/aob/mcm068
- Benitez-Dominguez, L.; Gomez-Merino, F.C.; Trejo-Tellez, L.I.; y Robledo-Paz, A. (2011). Anatomía, Contenidos de Ácido Abscísico. Nutrientes y Germinación de semillas de heliconia. *Rev. Fiotecnología Mexicana* 34 (3): 189 – 196.
- Sallon, S.; Solowey, E.; Cohen, Y.; Korchinsky, R.; Egl, M.; Woodhatch, I.; Simchoni, O.; Kislev, M. (2008). Germination, genetics, and growth of an ancient date Seed. *Science* 320:1464. 0.1126/science.1153600
- Li, H.; Yi, T.; Gao, L.; Ma, P.; Zhang, T.; Yang, J.; Gitzen-danner, M.; Fritsch, P.; Cai, J.; Luo, Y.; Wang, H.; van der Bank, M.; Zhang, S.; Wang, Q.; Wang, J.; Zhang, Z.; Fu, C.; Yang, J.; Hollingsworth, M.; Chase M.; Soltis, D.; Soltis P. y & Li, D. (2019). Origin of angiosperms and the puzzle of the Jurassic gap. *Nature Plants* 5: 461-470. <https://doi.org/10.1038/s41477-019-0421-0>
- Scutt, C. (2018). *The Origin of Angiosperms. Evolutionary Developmental Biology*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-33038-9_60-1.

Benton, M y Hervé-Sauquet, P. (2021). The Angiosperm Terrestrial Revolution and the origins of modern biodiversity. *New Phytologist*. 5: 2017-2035. <https://doi.org/10.1111/nph.17822>.

Nguyen, T.; Keizer, P.; van Eeuwijk, F.; Smeekens, S. y Bentsink, L. (2012). Natural variation for seed longevity and seed dormancy are negatively correlated in *Arabidopsis*. *Plant Physiology*. 160(4):2083-92. doi: 10.1104/pp.112.206649.

Rojas-Raya, M. A., Ávila-Hernández, C. A.¹, y Raya-Pérez, J. C.²

¹Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Libramiento Norte Carretera Irapuato León Kilómetro 9.6, Carr Panamericana Irapuato-León, 36821 Irapuato, Gto., México.

²Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Roque. Km 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas. C.P. 30110, Roque, Celaya, Guanajuato, México juan.rp2@roque.tecnm.mx



Genética en Acción:

Selección y Cruzamiento para Mejorar Razas Ovinas

Víctor Manuel Díaz Sánchez y Rosa Helena García Moreno



Introducción

Tradicionalmente, los productores han seleccionado animales por “ojo”, eso es a través de inspección visual. Sin embargo, las expresiones fenotípicas (visibles) en los animales están influenciadas por factores genéticos y ambientales (Buxadé, 1995; Islam et al., 2013). El mejoramiento genético animal^[1] se refiere al proceso de desarrollo de los atributos de interés económico de una población animal mediante una selección de individuos evaluados como superiores para una característica dentro de cada generación de la población (De la Barra, et al., 2012; De Lucas, 2011). El establecimiento de programas de mejoramiento genético en ovinos permite aumentar la productividad y competitividad de los sistemas ovinos a través del tiempo, siendo la prolificidad junto al rendimiento carnicero, los parámetros de mayor relevancia para potenciar la productividad del sistema ovino a nivel predial (Romero y Bravo, 2012).

Mérito genético y efectos de los genes

El mérito genético es el potencial que tiene un animal de traspasar a sus descendientes “genes favorables”. Este traspaso es complejo, ya que los genes de ambos padres actuarán en conjunto determinando el nivel de desempeño del animal para una característica productiva específica (Leymaster, 2002; De la Barra, et al., 2012).

Los genes de **efecto aditivo**, son los que denominaremos “genes favorables”, pues son los que al acumularse mejoran el desempeño productivo y determinan la mayoría de las características relacionadas con la producción de carne y lana en el ovino (De la Barra, et al., 2012). Otros genes son aquellos con **efecto dominante**

los cuales producen un efecto del gen materno sobre el paterno, o viceversa (De la Barra, et al., 2012). Hay un tercer tipo de efecto de un gen, que se denomina **efecto epistático** y ocurre cuando el animal se reproduce y la mitad de sus genes se mezclan con el otro individuo, probablemente ambos genes tendrán posiciones distintas en el descendiente, con lo cual el efecto que generaban antes en su posición específica ya no se generará y el **efecto epistático** desaparecerá; por lo tanto, el nuevo descendiente tendrá características que no se podían predecir desde el padre o la madre (Mayorga et al., 2010; De la Barra, et al., 2012).

Entonces, cuando los ovinos se reproducen, sólo se traspasa de una generación a otra el valor propio de cada uno de los genes cuyo efecto se suma, es decir el **valor genético aditivo** (Uribe et al. 2010; De la Barra, et al., 2012). Los genes se ven también influidos por el manejo de los animales y medio ambiente donde se desarrollan y aquí el desafío del genetista animal, de poder separar el efecto ambiental del efecto genético, y dentro del efecto genético, poder estimar cuanto de él es aditivo y se traspasará a los descendientes (De la Barra, et al., 2012).

Cruzamientos

Una de las herramientas más empleadas en la producción desde el punto de vista genético son los cruzamientos, que pueden permitir desde optimizar el empleo de las razas, hasta fijar características deseables de algunas de ellas (De Lucas, 2011). Se define como cruzamiento a animales que surgen a partir del apareamiento de animales de distintas razas y se realizan con fines productivos, para complementar características como fertilidad, prolificidad, habilidad materna, producción de leche, entre otros

(Leymaster, 2002; Romero y Bravo, 2012). Una característica que debe ser considerada en la realización de cualquier tipo de cruzamientos es la consanguinidad o endogamia, la cual es el resultado del apareamiento de individuos relacionados el uno con el otro por algún ancestro en común, favoreciendo la expresión de genes indeseables en la población (Jiménez e Izquierdo, 2005; De Lucas, 2011).

En la producción ovina existen diferentes tipos de cruzamientos (Romero y Bravo, 2012):

- **Cruzamiento terminal o de primera generación.** Es el más común y se cruzan las ovejas de la raza base del plantel con carneros de una raza distinta que cuente con los atributos deseables. Tiene por objetivo modificar rápidamente las características productivas del rebaño, pero sin llegar a introducir los genes de la raza del carnero en el mismo (Bores *et al.*, 2002; De la Barra, *et al.*, 2012). Busca mejorar la ganancia de peso diario, peso vivo al destete y rendimiento de canal, fácil transmisión de caracteres de alta heredabilidad y mayor tasa de parición y supervivencia de corderos (Romero y Bravo, 2012; De Lucas, 2011).
- **Cruzamiento absorbente.** Es el método más utilizado para sustituir una raza por otra. El método requiere persistir en el cruzamiento por varios años, hasta que la raza original prácticamente desaparece y da paso a un rebaño de la raza con que se hizo la absorción. El proceso termina cuando en el rebaño ya no hay características de la raza absorbida. Dura entre 15 y 20 años, dependiendo de la pureza de los materiales genéticos originales (De la Barra, *et al.*, 2012).
- **Cruzamiento absorbente incompleto.** Muchas veces el cruzamiento absorbente se interrumpe en un punto intermedio entre las dos razas implicadas, generando una población animal distinta a la raza absorbida, pero también distinta de la absorbente. Una de las consecuencias de ello es la emergencia de poblaciones ovinas con biotipos de animales nuevos, que una vez estabilizados pueden derivar en nuevas razas ovinas (De la Barra, *et al.*, 2012).
- **Cruzamiento multirracial o sintético.** Es un tipo de cruzamiento que pretende introducir distintas dotaciones de “genes favorables” dentro de una población ovina basal, donde hay una intención experimental de formar razas. Es un proceso muy complejo sin muchos casos exitosos (De la Barra, *et al.*, 2012).

Selección

En los programas de mejoramiento genético, la selección es el principal método para cambiar la productividad en la población y ocurre cuando se eligen ciertos animales para permanecer y reproducirse, mientras que los demás son eliminados de la población. Lo primero que se requiere es definir el objetivo productivo a alcanzar para la correcta dirección del programa de mejoramiento. Éste generalmente debe ser medible y visible desde un punto de vista económico (De la Barra, *et al.*, 2012; Romero y Bravo, 2012). Existen dos tipos de selección, ***estabilizadora o direccional***. En la primera se selecciona a los fenotipos de tipo medio dentro de la población, eliminando animales de los extremos o en seleccionar animales de los extremos para

aparearlos de forma cruzada (Romero y Bravo, 2012). El segundo tipo se caracteriza por seleccionar animales de producción superior en algún parámetro productivo y es necesario una evaluación del progreso genético a través de índices de selección (Romero y Bravo, 2012).

Esquemas de selección

Los esquemas de selección tienen como objetivo maximizar la eficiencia reproductiva de una población animal dentro de una unidad de producción. El diseño de este esquema debe estar integrado a un sistema de producción animal, donde la alimentación, la sanidad, el manejo, la reproducción y la genética tienen como objetivo común la rentabilidad económica del sistema ganadero (Romero y Bravo, 2012).

Las etapas de un esquema de selección o plan de mejora pueden ser de la siguiente manera (Romero y Bravo, 2012):

- Definición de los objetivos de selección
- Elección de la raza con la que se va a trabajar
- Estudiar la heredabilidad de los objetivos propuestos
- Decidir la estrategia a seguir
- Optimizar el programa de selección
- Difusión de la mejora

Sistema de identificación

El sistema ideal para la identificación de poblaciones de animales debe estar formado con números naturales correlativos a medida que van siendo numerados los animales, con un total de dígitos que contengan la proyección futura del plantel, permitiendo el fácil reconocimiento del año de nacimiento, sexo u otra característica. Existen diferentes formas de identi-

ficación como tatuaje, uso de crotales^[2] dobles, identificación electrónica, entre otros. Debe realizarse al momento del parto y no más allá de las 24 horas del nacimiento. En caso de la pérdida de identificación debe reemplazarse intentando mantener el mismo número de identificación (De la Barra, *et al.*, 2012).



Figura 1. Identificación en caprino por medio de crotal

Sistema de registro

Los sistemas de identificación sirven para distinguir fácilmente a un animal entre los demás, siendo posible el registro del comportamiento productivo de cada animal, lo que permite un manejo genético adecuado en la unidad de

producción. La mayor cantidad de información que sea factible de entregar permitirá incrementar la calidad de los valores genéticos estimados (De la Barra, *et al.*, 2012).

La identificación individual única de los animales es de crucial importancia, tanto en mediciones fenotípicas como en genealogía. De esta forma, los registros de todos los parientes identificados tienen incidencia y dan robustez a la estimación del valor genético de cada animal. Para esto, es fundamental la fiabilidad de los datos de filiación y la incorporación a registros genealógicos oficiales de la raza. A continuación, se describe cada uno de los registros necesarios para realizar la evaluación genética de un carnero y determinar su mérito genético (De la Barra, *et al.*, 2012):

- Animal
- Sexo del cordero
- Fecha nacimiento
- Madre
- Edad madre
- Padre
- Grupo
- Tipo de parte
- Estado
- Crianza
- Peso al nacimiento
- Fecha de destete

La exactitud de la información que se genere determina la precisión de la estimación del valor genético aditivo de los animales, dado que cada dato influirá en el valor calculado de otro animal (De la Barra, *et al.*, 2012).

Causas de eliminación en el rebaño ovino

Para esto es necesario una evaluación física minuciosa de los animales seleccionados para la reproducción, permitiendo detectar anomalías o defectos que pueden afectar su desempeño y eliminarlos. Se pueden clasificar en reproductivos, nutricionales o motrices. Dentro de los más frecuentes se encuentran: (De Lucas, 2011).

- Problemas nutricionales de origen genético: Defectos en la boca que afectan el consumo de alimentos. Se identifican revisando la boca de los animales y verificando que los dientes incisivos se ajusten con el rodete dentario superior (De Lucas, 2011).
- Pérdida de piezas dentales o desgaste: Se atribuye a factores ambientales (pastoreo en pasturas duras) o prematuro debido a un origen genético (De Lucas, 2011).
- Ausencia de bolsa escrotal (criptorquidismo): Sólo un testículo o ninguno desciende.
- Hipoorquismo: La presencia de testículos pequeños y de origen genético (De Lucas, 2011).
- Lana en la cara: Relacionado con una menor tasa reproductiva. Común en razas como Rambouillet, Corriedale o que tienen en su origen Merino (De Lucas, 2011).
- Entropión: Defecto en los párpados que están doblados hacia adentro (De Lucas, 2011).
- Enanismo: Problema de origen genético, quedando enanos y deformes (De Lucas, 2011).

Para la correcta elección de carneros con alto mérito genético, se requiere escoger a aquellos que poseen una mayor genética aditiva de la característica deseada. Para esta mejora es necesario generar datos fiables a través del tiempo permitiendo la mejora a través de cruzamientos.



Referencias

- Bores., F., Velásquez, P. & Heredia, M. (2002). Evaluación de razas terminales en esquemas de cruce comercial con ovejas de pelo. *Tec. Pec. Mex.* 40 (1):71-79.
- Buxadé, C. (1995). *Zootecnia. Bases de Producción Animal. Genética, Patología, Higiene y Residuos Animales.* Mundi-Prensa. Madrid, España.
- De la Barra, R., Martínez M., & Carvajal M. (2012). Genetic relationships between Chilota and Spanish native sheep breeds of Chile. *Journal of Livestock Science.* 3:79-84.
- De Lucas Tron, J. (2011). *Apuntes de Zootecnia.* Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM. Cuautitlán Izcalli, México.
- Islam, M., Renwick, A., Lamprinopoulou, C. & Klerkx L. (2013). Innovation in Livestock Genetic Improvement. *EuroChoices* 12(1).
- Jiménez, M. & Izquierdo, M. (2005). Estrategias de apareamiento para optimizar el progreso genético y la consanguinidad del peso al sacrificio en el ganado ovino. *ITEA, Información Técnica Económica Agraria. Revista de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA).* 3: 201-211
- Leymaster, K. (2002). Fundamental aspect of crossbreeding of sheep: Use of breed diversity to improve efficiency of meat production. *Sheep and goat research journal.* 17(3): 50-59.
- Mayorga, F. & Levy, E. (2010). *Guía Técnica de Programas de Control de Producción y Mejoramiento Genético en Ovinos.* Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios A.G. (CONARGEN), México, D.F. México.
- Romero Y. Bravo M. (2012). Fundamentos de la producción ovina en la Región de La Araucanía. *Boletín INIA.* 245, ISSN: 0717-4829.
- Uribe, H.; De la Barra, R. & Sales, F. (2010). El mérito genético como criterio central de la valoración del ganado reproductor. *Revista Tierra Adentro. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.* 89. 45-48.

Dr. Víctor Manuel Díaz Sánchez. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Departamento de Ciencias Pecuarias. Email: victordiaz@cuatitlan.unam.mx

MVZ Rosa Helena García Moreno. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Posgrado. Email: helenagar1997@gmail.com



¡Qué increíble es la ciencia del Agua!

Raygoza Trejo Ángel
y Ortiz Hernández Elisa

En ¡Qué increíble es la ciencia del agua!, queremos mostrar de una manera práctica con experimentos muy sencillos las propiedades físicas y químicas que presenta este importante compuesto químico y que gracias a estas propiedades todo nuestro entorno y vida se debe a su naturaleza. El agua desde los inicios, hoy y siempre ha formado parte de todos los procesos de manera directa o indirecta, en el clima, flora y fauna, elaboración de todo tipo de productos de uso común, en nuestro propio organismo. Este importante recurso tiene un impacto muy relevante en lo anteriormente dicho, pero además es parte de la fuerza motriz de una sociedad pero que desafortunadamente a pesar de convivir con ella toda una vida, no se le ha dado el valor que tiene, quizás porque aún todavía tenemos acceso a ella, pero solo analicemos qué pasaría si nos quedáramos una semana sin agua en nuestras casas, industrias, escuelas creo sería el CAOS, tan es así que el agua hoy ya cotiza en la bolsa de valores, ¡por algo será!, es el oro azul.

El objetivo principal de este artículo es permear con experimentos muy lúdicos algunas propiedades y la importancia del agua y que como se mencionó gracias a sus propiedades podemos utilizarlas para nuestros procesos, además de sensibilizar su valor. Una forma de acercarnos a ella íntimamente es conociendo sus propiedades y que uso o impacto tiene en todo. Por ejemplo, su propiedad para transferir calor de manera eficiente, producir energía eléctrica, transportar nuestros alimentos en el torrente sanguíneo, nutrientes a nuestros árboles, plantas, cómo disolvente universal, etc. En esta recopilación de experimentos trataremos de mostrar algunas propiedades físicas, químicas y termodinámica del agua y cómo influyen en nuestro día a día, además de mostrar que las prácticas experimentales lúdicas y didácticas puedan proporcionar conocimiento e información muy interesante del agua, por ejemplo: la

tensión superficial del agua, el agua que camina, el agua es energía, la electrólisis del agua, el motor de vapor, la densidad del agua y el agua crece (anomalía del agua). Así queremos exponer lo increíble qué es la ciencia del agua, además de sus ¡anomalías!

La ciencia y estudio del agua

La hidrología es la ciencia que estudia en sus diferentes disciplinas el agua, su origen, cómo se transporta, su calidad, sus propiedades, físicas, químicas su interacción con el medio ambiente físico y biológico; además de su impacto en todas las actividades humanas. La ciencia nos introduce en la intimidad de la molécula del agua, su estructura, su enlace, su interacción con su entorno además de cómo se comporta ante los cambios de presión, vibración, temperatura, etc.

Los iniciadores en el estudio del agua fueron: el químico Antonie Lavoisier, quien descubrió que el agua está compuesta por dos elementos oxígeno e hidrógeno (1778-1783), Joseph Gay-Lussac en conjunto con Alexander Von Humboldt demostraron que la molécula de agua tiene dos átomos de hidrógeno por uno de oxígeno para formar la fórmula química H_2O . Esta estructura del agua a pesar de verse tan simple no ha sido sencilla caracterizarla y sigue siendo un reto en la actualidad para la ciencia, se puede considerar que todavía guarda varias propiedades y que es motivo para continuar con su estudio para tener una amplia caracterización para poder entender porque es compuesto químico más importante de la vida en el planeta tierra. Pero dentro de sus propiedades ya conocidas podemos seguir analizando su valor científico. Algunas propiedades muy interesantes son: la capacidad de regulación de la temperatura en el medio ambiente, su flotabilidad en estado sólido, su capilaridad, tensión superficial, su química en las reacciones, etc., en la figura 1 se puede visualizar como están unidas las moléculas de agua.

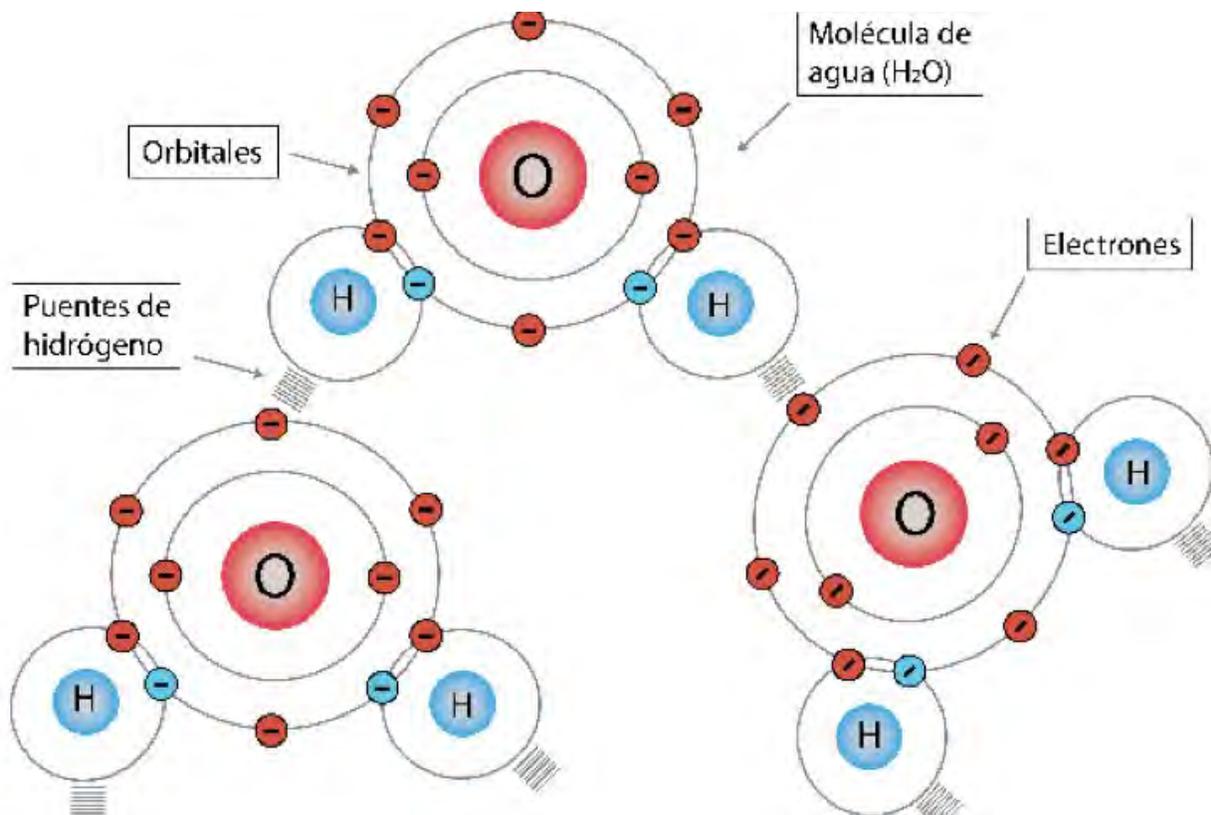


Figura 1. Moléculas de agua y cómo están unidas. (Veracruzana, 2024).

This infographic details the properties of water. At the top, a banner shows the states of matter: ice, liquid water, and steam, connected by double-headed red arrows. In the center, a diagram of a water molecule shows an oxygen atom (O) bonded to two hydrogen atoms (H) at a bond angle of 104.5°. The bonds are labeled 'Enlace covalente'. To the left, a green box titled '"Solvente Universal"' lists properties:

- *Conductora de electricidad
- *Tensión superficial
- *Calor específico
- *Molécula polar

 To the right, a red box lists other characteristics:

- *pH
- *Densidad
- *Hidrólisis
- *Capilaridad
- *Incompresible
- *Punto de fusión
- *Punto de ebullición

 The word 'Agua' is written in large blue letters at the bottom.

Figura 2. Propiedades físicas y químicas del agua. Elaboración propia.

¡Qué increíble es la ciencia del agua!... ¡Experimentemos!

Experimento 1 El agua ¡¡camina!!.... (capilaridad)

Objetivo: Experimentar como el agua camina.

¿Qué es la capilaridad del agua?: La capilaridad del agua es un fenómeno natural que provoca la ascensión del agua (columna de agua) dentro de un tubo estrecho o también denominado tubo capilar. Cuando más estrecho sea el tubo mayor será la ascensión del agua.

Pero ¿Cómo camina el agua?: El agua camina porque tiene una propiedad llamada capilaridad, esto es cuando se pone en contacto la superficie del agua con las paredes internas de un tubo capilar en un ángulo determinado. La fuerza que ejerce la tensión superficial en las paredes del tubo capilar causa que el agua se eleve dentro del tubo. Por su parte, el agua se adhiere en las paredes del tubo capilar, donde las fuerzas de adhesión son mayores que las fuerzas de cohesión de las moléculas de agua.

La ascensión se mantiene hasta que el propio peso del agua ascendida se equilibre con la fuerza vertical provocada por la tensión superficial y la fuerza de adhesión del agua. La superficie del agua contenida en un tubo capilar no es plana, sino que forma un menisco cóncavo, lo cual implica que la superficie del agua tiene curvatura. En la superficie del agua, la presión del lado cóncavo se encuentra con la presión atmosférica, siendo mayor que la presión que se ejerce en el lado convexo. El líquido tiene que elevarse hasta que se ejerce la misma presión en los dos lados.

Experimentación: La capilaridad es una propiedad de los líquidos que hace que, debido a su fuerza intermolecular, suban o bajen por un tubo capilar. Un ejemplo fácil de entender por los niños es el de las plantas, que succionan el agua del terreno mediante capilaridad.

¿Cómo lo hacemos?

¿Qué necesitamos?

- ✓ 4 vasos de vidrio de 250 mL
- ✓ Colorante vegetal azul, amarillo y verde.
- ✓ 500 mL de agua.
- ✓ 50 cm de cordón de algodón.
- ✓ Tijeras.
- ✓ Regla
- ✓ 3 palillos de madera
- ✓ 3 cucharas de plástico

1

Llenar cada vaso a la mitad con agua.

2

Agregar una cucharada de diferente colorante a cada a vaso y disolver.



Figura 3. Capilaridad del agua

3

Cortar con las tijeras 3 piezas de 15 cm de cordón.

4

Colocar cada extremo del cordón en un vaso como se muestra en la Figura 3.

5

Esperar y observar después de un tiempo.

¡El agua camina!

Experimento 2

El agua ¡se rompe!... (electrólisis del agua)

Objetivo: Mostrar la descomposición del agua en dos gases hidrógeno y oxígeno.

¿Qué es la electrólisis del agua? La electrólisis del agua es el proceso de descomposición de la molécula H₂O en gases de oxígeno e hidrógeno separados. Se produce a través de una corriente continua conectada a una pila, batería o cualquier equipo de hidrogenación que pasa la energía a un electrólito fundido o disolución acuosa y produce la descomposición, con el desprendimiento del hidrógeno y su almacenamiento podremos tener este elemento químico para generar energía.

Pero **¿cómo se da la electrólisis del agua?** La electrólisis del agua se lleva a cabo mediante una fuente de energía eléctrica conectada a dos electrodos que pueden ser de platino o acero inoxidable, uno representa el polo positivo y otro el polo negativo. Los electrodos se colocan en el vaso con agua, de tal forma, que el lado positivo se encarga de extraer el oxígeno, mientras que el negativo extrae el hidrógeno. Así se produce la descomposición de la molécula de H₂O.

Experimentación: Se observarán burbujas formándose alrededor de la punta de los lapiceros, las burbujas son de hidrógeno y oxígeno. El hidrógeno se concentra alrededor del lápiz conectado al polo negativo mientras que el oxígeno lo hace en el negativo. El agua es por tanto una sustancia compuesta de dos elementos químicos: el hidrógeno y el oxígeno. El paso de la corriente eléctrica ha producido la descomposición del agua en sus dos elementos.

¿Cómo lo hacemos?

1. Cortar dos trozos de cable de 20 cm, los cuales se unen a los polos de la pila utilizando cinta adhesiva.
2. Con el otro extremo de los cables se hace un lazo para que encaje en la punta del grafito de los lápices.
3. Colocar un cuadro de papel sobre el vaso de agua.
4. Se inserta en el papel los lápices de manera que las puntas opuestas al lugar donde se atarán los cables que están en el agua, como se muestra la Figura 4.
5. Colocar los lazos de los cables sobre las puntas de grafito de los lápices, lo que hace que la corriente eléctrica fluya por los cables y el grafito a través del agua.

¿Qué necesitamos?

- ✓ Dos lápices de grafito con punta por ambos lados.
- ✓ Una pila de 9 voltios.
- ✓ Un cable para 15 amperios.
- ✓ Un vaso agua
- ✓ Papel
- ✓ Tijeras
- ✓ Cinta adhesiva

Figura 4. Electrólisis del agua.

Experimento 3

El agua ¡crece!... (dilatación anómala)

Objetivo: Experimentar la anomalía térmica del agua.

¿Qué es la anomalía térmica del agua? Si un cubito de hielo se hundiera en un vaso de agua, en lugar de flotar, nos dejaría boquiabiertos, sin embargo, eso es lo que debería producirse. A todos nos han enseñado que las sustancias cuando se calientan se dilatan y al enfriarse se contraen. Sin embargo, el agua es una excepción. Cuando está caliente reduce su volumen a medida que se enfría, pero al llegar a los $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ –la temperatura con mayor densidad– comienza nuevamente a dilatarse. Esto permite explicar que el hielo tenga una densidad menor que el agua líquida y que, por tanto, flote en ella. Esta propiedad se conoce como la dilatación anómala del agua y es la responsable de que pueda seguir existiendo vida en la profundidad de un lago después de que se haya congelado su superficie.

Pero ¿cómo es que el agua crece (dilata)? El agua crece o se dilata conforme llega a la temperatura de congelación, esta propiedad anómala del agua se debe a su estructura hexagonal esto hace que se expanda, cada molécula de agua está formada de dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno, cuando está en estado líquido, la unión de los átomos de hidrógeno es débil, esto hace que el agua fluya fácilmente, pero en cuanto la temperatura baja a 0°C , el enlace entre los átomos de hidrógeno y la molécula de agua es más estable por lo que empieza a congelarse y se empieza a expandir, esto hace que ocupe más espacio.

Experimentación: El aumento de volumen que sufre cuando está a esas temperaturas, entre 0 y $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, es de entre un 9 y un 10% de su volumen. Y esto tiene consecuencias ambientales. Lo más importante es que al congelarse, el agua pierde densidad y por esa razón los icebergs flotan en el mar. Como el agua congelada flota, esa capa de hielo impide que se congele toda la masa de agua de los océanos de los Polos. El hielo de la superficie al flotar hace el efecto de un aislante. Por esa razón en los Polos a pesar de las bajísimas temperaturas no está congelado todo el mar, sólo la capa de arriba. Y eso es clave para el funcionamiento ambiental del planeta.

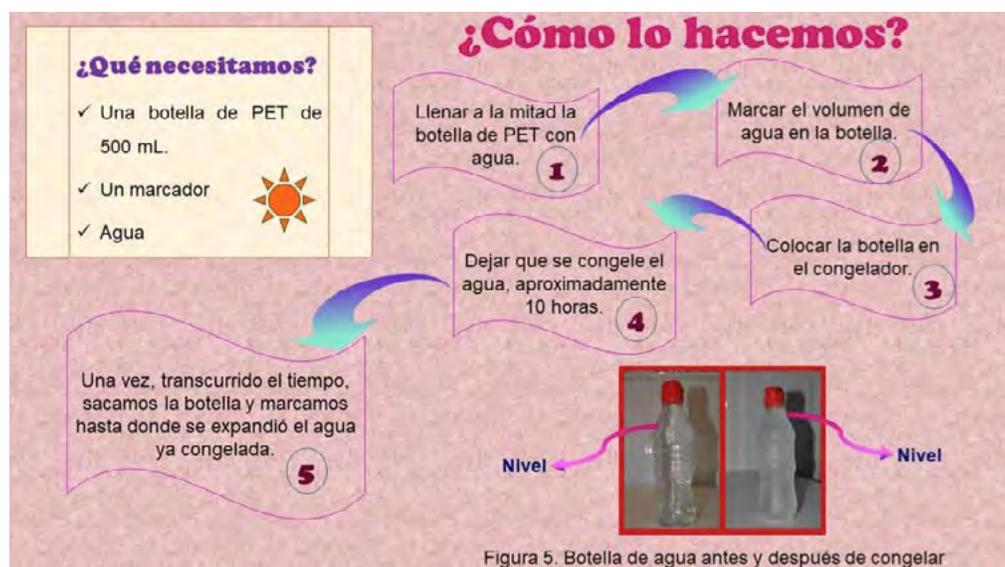


Figura 5. Botella de agua antes y después de congelar

Conclusiones

Existen muchos más experimentos que nos explican las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua además de sus anomalías y que gracias a ellas impactan en todas las actividades de nuestra vida, no sin mencionar la base de la vida, además el agua es la única sustancia que en condiciones ambientales la podemos encontrar en estado sólido, líquido y gaseoso. Como sólido es mucho más ligero de lo que se pueda esperar, como líquido es mucho más denso y como gas es uno de los más ligeros que se conocen.

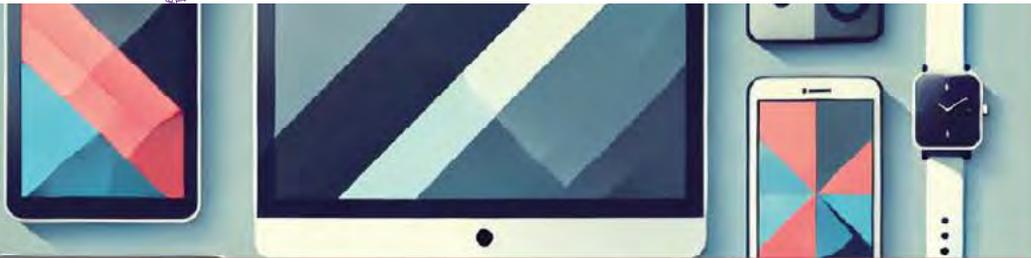
Referencias

- Veracruzana, U. (2024, enero 4). ¿Qué es el agua? – Agua UV. AGUA UV. Recuperado 28 de julio de 2024, de <https://www.uv.mx/aguauv/ciencia-del-agua/>
- AQUAE FUNDACIÓN (s.f.) ¿Qué es la capilaridad del agua? | iAgua.. Recuperado 28 de julio de 2024, de: <https://www.iagua.es/noticias/espana/fundacion-aquae/16/04/04/que-es-capilaridad-agua>
- Net Interlab (s.f.) ¿Qué es la electrólisis del agua y cómo se produce? (s. f.). Recuperado 28 de julio de 2024, de <https://net-interlab.es/electrolisis-del-agua/>
- Prácticas del Agua. (s. f.). Las Propiedades Del Agua Y Medio Ambiente. Recuperado 28 de julio de 2024, de https://cidta.usal.es/documentacion/FECYT2016/Modulos/conceptos/uni_01/u1c1s4.html
- Experimentos en Educación Primaria e Infantil: ¿Qué es el agua? (s. f.). Qué Es El Agua. Recuperado 28 de julio de 2024, de <http://primariaexperimentos.blogspot.com/2010/12/que-es-el-agua.html>
- Electrolisis-lenntech. (s. f.). Electrolisis. Recuperado 28 de julio de 2024, de <https://www.lenntech.es/electrolisis.htm>
- Gargantilla, P. (2021, octubre 17). Los misterios del agua: Por qué este líquido no sigue las reglas de. ANQUE. Recuperado 28 de julio de 2024, de <https://anque.es/2021/10/18/los-misterios-del-agua-por-que-este-liquido-no-sigue-las-reglas-de-la-quimica/>
- Guardiola, C. (2021, abril 6). ¿Por qué el agua congelada ocupa más espacio que el agua líquida? El País. Recuperado 28 de julio de 2024, de <https://elpais.com/ciencia/2021-04-06/por-que-el-agua-congelada-ocupa-mas-espacio-que-el-agua-liquida.html>

Dr. Ángel Raygoza Trejo. Ingeniero Químico y Maestro en Gestión y Auditorías Ambientales, Técnico Académico Titular “A” tiempo completo en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM, línea de investigación sobre tratamiento de aguas residuales utilizando electrodos de grafito con electricidad (electrocoagulación) y Agua Sostenible. Email: angel.raygoza@cuautitlan.unam.mx

I.Q. Elisa Ortiz Hernández. Profesor por asignatura, cuya línea de trabajo es sobre tratamiento de agua a partir de materiales adsorbentes no convencionales, adscrita al Programa Educativo de Química, Universidad Tecnológica de Tula Tepeji. Email.: elisa.ortiz@uttt.edu.mx.





El recurso invisible que impacta nuestra vida diaria

Pilar Rodríguez Arcos, Paola Montalvo García



Agua virtual

Introducción

El agua es un recurso único y fundamental conocido como “oro azul”. Lamentablemente, en estos tiempos la cantidad de agua disponible para consumo es limitada, lo cual lo convierte en un bien preciado para la vida, las sociedades y la economía. El agua presenta diferentes formas, no siempre visibles a simple vista. Por un lado, tenemos el agua que podemos ver en los ríos, lagos y mares. Por otro lado, existe un tipo de agua que no se puede ver directamente, conocida como agua virtual.

En México, el consumo promedio de agua por persona al año es de 1,441 m³, lo que supera en casi 200 litros por arriba del promedio mundial, que es de 1,240 m³ (SIAP, 2016)

El 4% del agua que utilizamos directamente para beber, asearse y realizar tareas domésticas representa solo una pequeña parte de nuestro consumo total. El restante 96% corresponde al uso indirecto del recurso hídrico (figura 1). Este uso indirecto se da cuando consumimos alimentos o productos, ya que en su elaboración se empleó agua.

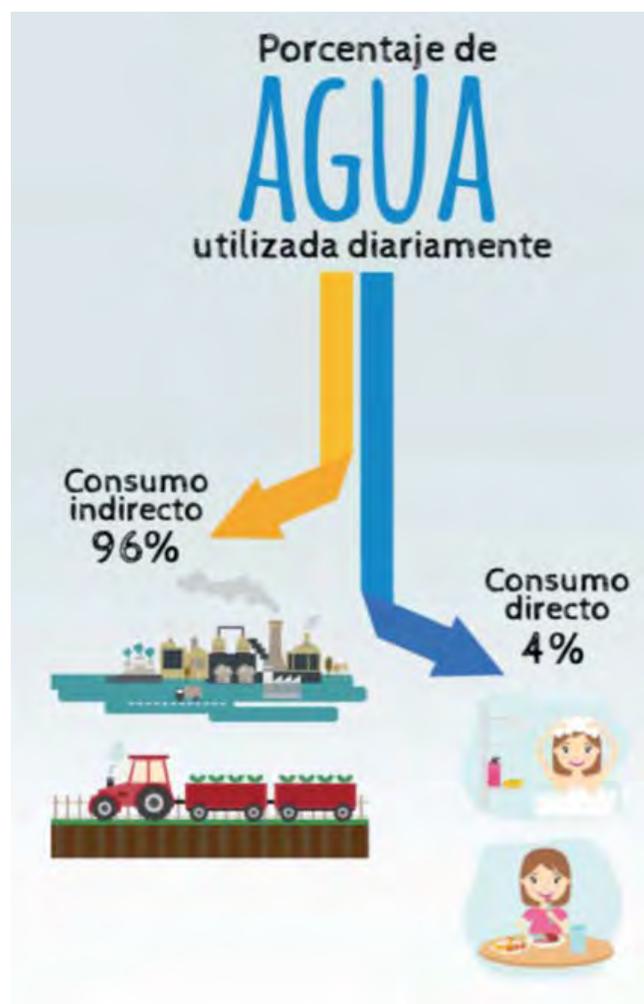


Figura 1. El agua que no vemos (CONAGUA, S/F)

Agua virtual y huella hídrica

El concepto de agua virtual fue creado por el geógrafo John Anthony Allan profesor de la Universidad de Londres en 1993 y se refiere al volumen de agua consumida o contaminada de modo directo e indirecto para producir alimentos, productos industriales y otros bienes o servicios (Works, 2023). El adjetivo “virtual” se refiere al hecho de que el producto contiene solo una parte del agua empleada para su producción (Rodríguez-Tapia *et al.*, 2016).

El término Agua virtual se usa básicamente en el comercio mundial, porque los países con poco acceso importan productos que requieren mucha agua para producirlo, un ejemplo es el trigo. Así, aunque no la vemos directamente está presente en cada taza de café, en la camiseta o vestido que nos ponemos a diario también es el agua utilizada en los procesos de fabricación y transporte. Pero ¿Cómo la podemos llegar a visualizar mejor?

El agua virtual no solo considera el agua contenida directamente en el producto final, sino también el agua que se utiliza de manera indirecta durante todo el proceso de producción. Para calcular el agua virtual asociada a la producción y consumo de un producto, es necesario tener en cuenta el agua utilizada para producir las materias primas, así como el agua residual generada durante esos procesos o el agua consumida por los servicios indirectos necesarios para la producción (Parada-Puig, 2012).

Un ejemplo sería la cantidad de agua involucrada en la producción de un kilogramo de carne de res (figura 2). No solo se considera el agua que contiene la propia carne para hamburguesa sino también la que bebe el animal durante su vida, la empleada en el mantenimiento para la producción de su alimentación y la contaminada durante todos los procesos industriales y de transporte. Por lo tanto, para generar 1 kilogramo de carne de res se necesita consumir 16,000 litros de agua (En estado Crudo, 2020)



Figura 2. El consumo de agua virtual para la carne de res (Rodríguez y Montalvo, 2024).

Comprendiendo el uso del agua

Por otra parte, está el término de huella hídrica (HH) que se refiere a la cantidad total de agua utilizada por una persona, país o región en diversas actividades, así como la necesaria para producir bienes y servicios. Este concepto fue introducido por Arjen Hoekstra, profesor de la UNESCO, en 2002, y nos permite entender cuánta agua aprovechamos a nivel individual, de grupo o incluso a escala global (SIAP, 2016).

La huella hídrica es un indicador que se usa para determinar el consumo de agua a nivel individual, local, nacional o particular a determinados negocios. En México, la huella hídrica promedio es de 1,978 m³ por habitante al año (figura 3), y el 86 % consiste en productos alimenticios y bebidas (Foro Mar de Cortés, 2022; CONAGUA, 2015). Pero ¿cómo se calcula esta huella?

Para realizar este cálculo, es necesario considerar la cantidad de “agua virtual” presente en cada producto y servicio, abarcando desde la materia prima hasta los procesos de fabricación y distribución. Basta sumar el agua azul, verde y gris, utilizada dentro de todo el proceso de elaboración (figura 4).

1. **Agua azul:** Proviene de fuentes superficiales (ríos, lagos, arroyos) o subterráneas (acuíferos).
2. **Agua verde:** Se refiere al agua de lluvia almacenada en el suelo como humedad.
3. **Agua gris:** Surge durante los procesos de producción y puede estar contaminada (IMTA, 2019).



Figura 3. Huella hídrica en México, EUA y China (CONAGUA 2015)



Figura 4. Cálculo de la huella hídrica (Rodríguez y Montalvo, 2024)

El análisis de la huella hídrica nos permite visualizar el uso oculto del agua y señala la ruta que sigue a través de un producto, proceso, industria, consumidor, cuenca, estado o país. Esto nos brinda la oportunidad de evaluar su sostenibilidad y determinar cómo y dónde el consumo en un lugar afecta los recursos hídricos en otro sitio. Por lo tanto, es crucial reconocer que los problemas relacionados con el agua

no pueden resolverse únicamente mediante su gestión. La Huella Hídrica representa un nuevo indicador del uso humano del agua dulce, que no solo considera el volumen de agua directa o indirectamente utilizado para producir algo, sino también identifica dónde y cuándo se utilizó y qué tipo de agua se empleó.



Figura 5. El agua que no se ve en los pantalones de mezclilla (Rodríguez y Montalvo, 2024)

Un ejemplo de huella hídrica es el proceso de fabricación de los pantalones de mezclilla que usamos a diario. Estos pantalones se elaboran a partir de algodón peinado o cardado, que proviene de las semillas de algodón. Antes de que el producto final llegue a manos del consumidor, pasa por una serie de etapas y productos intermedios. Primero, el algodón se convierte en hilacha (obteniendo solo 350 kg de hilacha a partir de 1000 kg de semillas de algodón). Luego, después del cardado, hilado y tejido, obtenemos tela gris (donde 1000 kg de hilacha producen solo 900 kg de tela gris). Posteriormente, la tela se somete a un tratamiento húmedo que incluye blanqueado y pigmentación. Finalmente, se convierte en un textil de algodón estampado. Para llevar a cabo el blanqueo, se requieren aproximadamente 30 m³ de agua por tonelada, mientras que para el estampado se necesitan 140 m³ por tonelada. La huella hídrica promedio de un par de pantalones de mezclilla de 1 kilogramo hechos de algodón estampado es de 1,1000 litros (figura 5).

Conocer el agua virtual de la producción de los insumos que empleamos, puede ser una herramienta útil para reducir la huella hídrica. Por ejemplo, el agua virtual empleada en la elaboración de una hamburguesa con carne de res, jitomate, queso, catsup, lechuga y pan (tabla 1) es alrededor de 24000 litros distribuidos de la siguiente manera (Agrelo, 2014).

Tabla 1.

Consumo de agua virtual para la elaboración de una hamburguesa

Ingrediente	Agua virtual (L)
Carne (150 g)	2310
Pan (60 g)	36
Queso (1 rebanada)	17.4
Lechuga (28 g)	6.72
Jitomate (75 g)	15
Kétchup (1 sobre)	7

Como se muestra en la tabla 1, la mayor cantidad de agua virtual se emplea para la producción de la carne de nuestra hamburguesa, pero que pasaría si en lugar de preparar una hamburguesa tradicional, preparamos una hamburguesa vegetariana a base de champiñones o Tofú.

Para producir 150 g de champiñón se requiere de 3 litros de agua y para la misma cantidad de soja 300 litros, alrededor de 8 veces menos agua que para producir el trozo de carne de nuestra hamburguesa. Lo que implica que, producir un kilogramo de carne requiere 5 a 20 veces más agua que para producir los cereales. Esto debido a que el agua virtual para la producción de carne se debe sumar el agua empleada para cultivar y producir el alimento que consumirá el animal.

Es importante mencionar que el agua virtual empleada en la producción dependerá del lugar, el momento y de la eficiencia en el uso del agua durante toda la producción. Es decir, no es la misma cantidad de agua virtual la que se emplea para producir una tonelada de trigo en un país árido que la empleada en un país húmedo. Tampoco es la misma agua virtual calculada de un producto consumido en el país de origen que si este es transportado y consumido al otro lado del mundo, ya que se debe añadir el agua requerida para la conservación y transporte.

Algunos ejemplos de agua virtual empleada en la producción de diversos productos, para producir un kilogramo de café tostado, se requieren 21000 litros, para una taza de café 7 gramos, resultado de un requerimiento de 140 litros por taza ahora que, si en su lugar preparamos una taza de té, este requiere de 30 litros para 250 mililitros para una taza, cien litros menos que la taza de café. Otros ejemplos se muestran en la figura 6.

Producto	Cantidad de agua utilizada	Producto	Cantidad de agua utilizada
 Jugo natural de naranja (200ml)	50 Litros	 1 Manzana	70 Litros
 Jugo procesado	170 Litros	 1 Pizza	1,259 Litros
 1 Papa de 100 g.	25 Litros	 1 Kilo de arroz	3,000 Litros
 1 Bolsa de papas fritas de 100 g.	5 Litros	 1 Kilo de maíz	450 Litros
 1 Litro de leche	1,000 Litros	 1 Hamburguesa	2,400 Litros
 1 Taza de té 250 ml.	35 Litros	 1 Kilo de carne de res	16,000 Litros

Figura 6. Agua virtual empleada en diversos productos (CONANP, S/F)

Como lo has notado, el cerrar la llave del agua cuando te cepillas los dientes, o ahorrar agua al bañarte no son las únicas acciones útiles para cuidarla. El conocer la cantidad de agua virtual empleada en la elaboración de los productos que empleamos nos brinda un indicador del agua que estamos consumiendo y de nuestra huella hídrica.

Para un mejor cuidado del agua es recomendable que en adelante, te familiarices con los datos de agua virtual que se requiere para producir objetos que comúnmente utilizas. Además, consumir los productos que se generan en tu país o localidad, variar el consumo de alimentos reduciendo en la medida de lo posible el consumo de carne y, sobre todo, al momento de comprar objetos nuevos, preguntar antes, si en verdad es necesaria la compra.

Referencias

- Agrelo, M. (2014). ¿Cuánta agua te comes en una hamburguesa? <https://www.eco-huella.com/2014/05/cuanta-agua-te-comes-con-una-hamburguesa.html>
- CONAGUA (S/F). Hídrica ¿Para qué sirve el agua?
- CONAGUA (2015). El agua en México. Cuaderno de divulgación ambiental.
- CONANP (s/f). Calculemos nuestro consumo de agua virtual. *Dinámica Agua Virtual.pdf* (conanp.gob.mx)
- En Estado Crudo. (2020, May 28). Qué es el agua virtual y ejemplos de consumo de agua en productos. <https://www.enestadocrudo.com/agua-virtual/>
- Foro Mar de Cortés. (2022, November 25) Huella hídrica ¿qué es y por qué es importante medirla? <https://forumdc.org/ecosistemas/huella-hidrica-que-es-y-por-que-es-importante-medirla/>
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) (30 julio de 2019). Huella hídrica. <https://www.gob.mx/imta/articulos/huella-hidrica>
- Kuna bbk (s/f). 4.000 litros de agua para obtener un kilo de arroz. <https://kuna.bbk.eus/4-000-litros-de-agua-para-obtener-un-kilo-de-arroz/>
- Parada - Puig, G. (2012). El agua virtual: conceptos e implicaciones. *Orinoquia*, 16(1), 69-76. <https://www.redalyc.org/pdf/896/89625076001.pdf>
- Pengue, W. A. (s/f). "Agua virtual", agronegocio sojero y cuestiones económico-ambientales futuras... (*). <https://www.icaa.gov.ar/Documentos/Ingenieria/agua-virtual.pdf>
- Rodríguez-Tapia, L., Morales-Novelo, J., A., Sosa-Rodríguez, F., S., Altamirano-Cabrera, J., C., y Torres-Ayala, F. (2016). Agua virtual en un marco insumo-producto para la cuenca del Valle de México. Vol. 7, No. 2. Agua virtual en un marco insumo producto para la cuenca del valle de México | Request PDF (researchgate.net)
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (02 MAYO DE 2016) La huella hídrica, el agua que usamos. <https://www.gob.mx/siap/articulos/la-huella-hidrica-el-agua-que-usamos>
- Works, E. (2023). Agua virtual: el legado de J. Anthony Allan. <https://www.aguasresiduales.info/revista/noticias/agua-virtual-el-legado-de-j-anthony-allan-kRs7>

M en E. Pilar Rodríguez Arcos. Profesora en la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Oriente. Participó en los programas de Jóvenes a la Investigación y el en grupo Club de Química del mismo plantel. Ha participado en Seminarios Centrales para la revisión y ajustes de los Programas de Estudio. Email: pilar.rodriguez@cch.unam.mx

M en A. Paola Montalvo García. Profesora de educación básica y media superior en Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Oriente. He participado en la publicación de artículos para la educación en la rama de la gestión educativa. Actualmente imparto la asignatura de química I y II. He colaborado en grupos de investigación con alumnos denominado club de química. Email: paola.montalvogarcia@cch.unam.mx

La **obesidad** sarcopénica en mujeres y su relación con el **síndrome metabólico**

Alejandra Benavides Zendejas
y Eneida del Socorro Camarillo Romero



Conforme el envejecimiento avanza, los seres humanos tenemos diversos cambios, entre ellos, la composición corporal que juega un papel importante ya que existe una disminución significativa de la masa muscular y una redistribución del tejido graso, desencadenando un síndrome fisiológico complejo llamado “obesidad sarcopénica”. La obesidad sarcopénica se define como la pérdida de la cantidad y función del músculo esquelético asociado con el aumento de la grasa, misma que impacta directamente en la calidad de vida de la etapa adulta (XIE *et al.*, 2019). Se considera que a partir de los 30 años las personas alcanzan el nivel máximo de masa muscular y fuerza, la cual se va perdiendo progresivamente conforme la edad avanza disminuyendo de 0.5 a 2 % por año a partir de los 50 años, edad en la que se pueden comenzar a observar ligeros cambios y dificultades en la movilidad y fuerza muscular si no se atiende a tiempo (Gómez Cabello *et al.*, 2012). Los trastornos musculares afectan con mayor frecuencia a las mujeres, esto debido a diversos cambios hormonales que se generan durante la menopausia, lo que genera un brusco descenso de la masa muscular y una mayor acumulación de grasa; además se ha encontrado una relación directa entre la obesidad sarcopénica y enfermedades que componen al síndrome metabólico; sin embargo, esto puede ser prevenido si se toman las medidas adecuadas, generando una mejor calidad de vida en la mujer adulta.

¿Cuál es la causa de la obesidad sarcopénica?

Actualmente no se han establecido las causas principales de la obesidad sarcopénica ya que por su complejidad involucra diversos factores relacionados con la edad, con la inflamación sistémica, con enfermedades metabólicas, y con

el estilo de vida, en donde la dieta y la falta de ejercicio son considerados dentro de los principales factores que promueven su desarrollo (Figura 1) (Meza Rodríguez *et al.*, 2022). Se sabe que el exceso de tejido graso, especialmente la grasa visceral, puede desencadenar un proceso de inflamación crónica, la cual no solo causa el desgaste muscular, sino que a su vez promueve una resistencia a la insulina que a la larga conlleva a la aparición de sarcopenia..



Figura 1. Factores de Riesgo para Obesidad Sarcopénica. Fuente: Elaboración propia

Una detección oportuna

Para un diagnóstico correcto de la obesidad sarcopénica es importante evaluar de forma integral la calidad, la fuerza y la función muscular, además del peso corporal y la cantidad de grasa corporal. Es importante mencionar que hasta el día de hoy no se cuenta con criterios de diagnósticos establecidos mundialmente, lo que hace difícil una detección eficaz, sin embargo, se han creado diversas sociedades como la Sociedad Europea de Nutrición Clínica y Metabolismo (ESPEN) y la Asociación Europea para el Estudio de la Obesidad (EASO) quienes, de la mano a un extenso panel de expertos, aún buscan analizar y establecer dichos criterios y definiciones (Donini *et al.*, 2022).

La detección de la obesidad sarcopénica se basa en el diagnóstico de las otras condiciones que la componen, la obesidad y la sarcopenia, existen instrumentos para un diagnóstico eficaz, pero estos suelen ser costosos, ya que se usa como principales instrumentos, la tomografía computarizada, la densitometría dual de rayos X (DEXA) y la bioimpedancia eléctrica; pero el personal de salud ha seleccionado herramientas autorizadas para una detección oportuna y eficaz (Ciudin *et al.*, 2020).

La detección primaria de pacientes con sospecha de obesidad sarcopénica se realiza mediante un cuestionario (SARC-F), el cual nos permite detectar el riesgo funcional del paciente en actividades cotidianas, así como denotar la presencia de complicaciones funcionales o alteraciones en la composición corporal que involucra al músculo. Posterior a la detección, el diagnóstico se realizará por medio de técnicas para la evaluación de la composición corporal, además de pruebas funcionales del músculo como presión manual, una batería corta de rendimiento físico, entre otras (Donini *et al.*, 2022).

¿Todos tendremos sarcopenia en algún momento?

No, se cree que esta condición puede ser prevenida y abordada de manera eficaz, sin embargo, es importante mencionar que, a pesar de ser considerada una afección propia del envejecimiento, se reconoce que puede presentarse en edades más tempranas, debido al estilo de vida. Se sabe que en México según datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición del 2022 (ENSANUT, 2022), la obesidad tiene una prevalencia del 36.9 % y la sarcopenia tiene una pre-

valencia del 32.6 %, ambas siendo mayores en mujeres (Carrillo Cervantes *et al.*, 2022). Además, se realizó un estudio donde se incluyeron mujeres adultas mayores de 30 años, de la ciudad de Toluca, Estado de México, a quienes se les realizaron pruebas de composición corporal por bioimpedancia, así como las herramientas seleccionadas para el diagnóstico de sarcopenia, con el objetivo de tener una idea acerca de la prevalencia de obesidad sarcopénica en México, el cual arrojó que el 14.5 % de las mujeres presenta datos de obesidad sarcopénica, por lo que es importante señalar los riesgos y abordajes terapéuticos para poder mejorar al paso de los años, la calidad de vida de las personas.

Recientes estudios han demostrado que la sarcopenia y la obesidad sarcopénica tienen una mayor prevalencia en mujeres, esto principalmente por los cambios hormonales que se presentan en la menopausia, donde la disminución en la concentración de estrógenos, testosterona, hormona de crecimiento, entre otras, afecta directamente al mantenimiento y desarrollo del músculo, además de que promueven la acumulación y redistribución de grasa, por lo que es de gran importancia generar interés en esta parte de la población (Buckinx y Aubertin, 2022). Además, recientes estudios indican que aquellas mujeres que cursan con una menopausia temprana o menopausia quirúrgica temprana sin tratamiento, presentan mayor riesgo de presentar sarcopenia que aquellas con un ciclo menopáusico normal; esto debido a que se experimenta un periodo prolongado de déficit hormonal, donde se sabe que estrógenos y testosterona desempeña un papel importante en la interacción de células musculares y de regeneración muscular (Vallejo *et al.*, 2024).

Pero ¿En qué me afecta la obesidad sarcopénica?

Como bien se sabe la Obesidad sarcopénica tiene un impacto negativo sobre la funcionalidad e independencia de las personas conforme la edad avanza, ya que la pérdida de cantidad y masa muscular generan una dependencia en actividades cotidianas, un mayor riesgo de caídas y fracturas generando elevados costes en los cuidados de la salud. Además, se ha estudiado que la obesidad sarcopénica presenta una asociación directa con el síndrome metabólico, el cual se define como un conjunto de factores de riesgo que afectan la salud del individuo, englobando, la resistencia a la insulina, presión arterial alta, triglicéridos y colesterol elevados, entre otros (Pinheiro *et al.*, 2023).

Estudios recientes han planteado que la obesidad sarcopénica puede tener un mayor impacto en la salud metabólica además de contribuir al desarrollo de enfermedades crónico-degenerativas. La obesidad puede generar un deterioro en la sensibilidad a la insulina por la filtración de grasa y activación de factores inflamatorios que aceleran la pérdida muscular, lo cual es un factor de riesgo importante para el desarrollo de diabetes mellitus tipo 2. Además, la baja masa muscular está relacionada con hígado graso, riesgos cardiovasculares, incluida la hipertensión y rigidez arterial donde la fuerza muscular juega un papel muy importante. Por lo que se puede relacionar que la obesidad sarcopénica puede contribuir en el aumento de prevalencia de síndrome metabólico (Choi *et al.*, 2016).

Envejecer con salud

A pesar de su complejidad, la obesidad sarcopénica puede ser potencialmente reversible y prevenible, si se aborda de manera multifactorial centrándose en adoptar un estilo de vida saludable que incluya actividad física como tratamiento primario para la estimulación de la función muscular, adicional a una intervención nutricional enfocada en generar una dieta balanceada y adecuada.

Es bien sabido que el ejercicio físico tiene un gran impacto en la calidad de vida, se sugiere una práctica de 150 minutos semanales para tener efectos positivos sobre el músculo y una reducción del tejido graso. Tradicionalmente se creía que los ejercicios cardiovasculares eran eficaces para la capacidad cardiovascular, mientras que los de fuerza para la mejora muscular, sin embargo estudios recientes plantean que programas multicomponentes o compuestos que incorporan aspectos en cuanto a equilibrio, coordinación, flexibilidad capacidad aeróbica, fuerza muscular, resistencia y velocidad, generan notables efectos en la mejora de parámetros biológicos, físicos y funcionales que impactan en la calidad de vida, además de prevenir y/o contrarrestar la obesidad sarcopénica en las diversas etapas de vida (Fuentes-Barría *et al.*, 2020).

Dentro de los cambios de la dieta se encuentra el asegurar una ingesta de calorías adecuada y un consumo idóneo de proteínas tanto en calidad como cantidad, se recomienda un aporte de 1.0 a 1.2 g/kg/ día, principalmente aquellas de alto valor biológico, que se encuentran en productos de origen animal; o bien llevar

un conteo adecuado de la mano de un profesional que asegure un aporte y complementación de aminoácidos esenciales ya que el adecuado consumo proteico impacta en los reguladores de crecimiento musculares (Ciudin *et al.*, 2020). Por otra parte, se recomienda asegurar un aporte adecuado de vitamina D, ya que se ha observado que su activación se disminuye por efectos de la disminución de estrógenos en la menopausia, y su déficit se asocia con la pérdida de masa y fuerza muscular. En cuanto a las grasas poliinsaturadas como el Omega 3, existe evidencia que apunta a que atenúa las alteraciones del músculo, ya que generan un efecto antioxidante en células musculares, mejorando su función (Buckinx y Aubertin, 2022).

La terapia de reemplazo hormonal en mujeres demuestra efectos benéficos y significativos sobre el músculo, mejorando la potencia y composición muscular, sin embargo, estos efectos dependen de diversos factores como dosis, actividad física, y duración. Se sugiere un manejo hormonal natural a base de flavonoides que abundan en frutas, verduras, plantas y semillas como la soja que ayudan a prevenir la atrofia muscular, controlar el estrés oxidativo y evitar efectos inflamatorios que afecten directamente la calidad muscular (Meza Rodríguez *et al.*, 2022).



Figura 2. Estrategias terapéuticas y de prevención para la obesidad sarcopénica.

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

En resumen, el envejecimiento es un proceso natural de la vida, al que todos nos dirigimos, la proyección poblacional indica un aumento de adultos mayores en un futuro próximo, debido al incremento de la esperanza de vida, lo que genera retos médicos para la mejora de la calidad de vida. La obesidad sarcopénica es considerada una comorbilidad compleja ya que no es detectada fácilmente debido a su falta de información establecida en cuanto a definición y criterios de diagnóstico, lo que hace más complejo para iniciar medidas terapéuticas y/o preventivas, sin embargo, los beneficios de mantener un estilo de vida saludable con recomendaciones en cuanto a dieta y ejercicio nos permiten evitar complicaciones propias de la obesidad sarcopénica como la fragilidad, dependencia, resistencia a la insulina, incluso el síndrome metabólico. Las mujeres presentan un mayor riesgo de desarrollar obesidad sarcopénica debido principalmente a fluctuaciones y cambios corporales, metabólicos y hormonales, afortunadamente estos efectos pueden prevenirse procurando un estilo de vida saludable que a la larga se refleja en una buena calidad de vida.

Referencias

- Buckinx, F., & Aubertin-Leheudre, M. (2022). Sarcopenia in menopausal women: Current perspectives. *International Journal of Women's Health*, 14, 805–819. <https://doi.org/10.2147/ijwh.s340537>
- Choi, K. M. (2016). Sarcopenia and sarcopenic obesity. *The Korean Journal of Internal Medicine*, 31(6), 1054–1060. <https://doi.org/10.3904/kjim.2016.193>
- Ciudin, A., Simó-Servat, A., Palmas, F., & Barahona, M. J. (2020). Sarcopenic obesity: A new challenge in the clinical practice. *Endocrinología Diabetes y Nutrición (English Ed)*, 67(10), 672–681. <https://doi.org/10.1016/j.endien.2020.03.007>
- Donini, L. M., Busetto, L., Bischoff, S. C., Cederholm, T., Ballesteros-Pomar, M. D., Batsis, J. A., Bauer, J. M., Boirie, Y., Cruz-Jentoft, A. J., Dicker, D., Frara, S., Frühbeck, G., Genton, L., Gepner, Y., Giustina, A., Gonzalez, M. C., Han, H.-S., Heymsfield, S. B., Higashiguchi, T., Barazzoni, R. (2022). Definition and diagnostic criteria for sarcopenic obesity: ESPEN and EASO consensus statement. *Obesity Facts*, 15(3), 321–335. <https://doi.org/10.1159/000521241>
- ENSANUT (2022). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición Continua Disponible en: <https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanutcontinua2022/index.php>
- Fuentes-Barría, H., Urbano-Cerda, S., Aguilera-Eguía, R., & González-Wong, C. (2020). Ejercicio físico y suplementación nutricional para el combate de la obesidad sarcopénica en adultos mayores. *Universidad y Salud*, 23(1), 46–54. <https://doi.org/10.22267/rus.212301.213>
- Gómez-Cabello, A., Vicente Rodríguez, G., Vila-Maldonado, S., Casajús, J. A., & Ara, I. (2012). Aging and body composition: the sarcopenic obesity in Spain. *Nutrición hospitalaria: órgano oficial de la Sociedad Española de Nutrición Parenteral y Enteral*, 27(1), 22–30. <https://doi.org/10.1590/S0212-16112012000100004>
- Meza Rodríguez, E., Enríquez, S.A., Franco Solís, D.M., Díaz Martínez, M., Briones Vizcarra, E., Sánchez Briones, L. A. Marmolejo Murillo, L.G. y Sánchez Duarte, E. (2022, August 2). Implicación de la función mitocondrial en la obesidad sarcopénica. *Jóvenes En La Ciencia*. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/4077/3561>
- Pinheiro, L. C. H. T., Rossi, M., dos Santos, C. A. F., Oliveira, L. V. F., Vencio, S., de Paula Vieira, R., Juliano, Y., Armond, J., Silva, C. H. M., Fonseca, A. L., França, C. N., & Bachi, A. L. L. (2023). Prevalence of associations among sarcopenia, obesity, and metabolic syndrome in Brazilian older adults. *Frontiers in Medicine*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1206545>
- Vallejo, M. S., Blümel, J. E., Chedraui, P., Tserotas, K., Salinas, C., Rodrigues, M. A., Rodríguez, D. A., Rey, C., Ojeda, E., Nañez, M., Monterrosa-Castro, Á., Gómez-Tabares, G., Espinoza, M. T., Escalante, C., Elizalde, A., Dextre, M., Calle, A., & Aedo, S. (2024). Association of muscle disorders in late postmenopausal women according to the type of experienced menopause. *Menopause (New York, N.Y.)*, 31(7), 641–646. <https://doi.org/10.1097/gme.0000000000002367>
- Xie, W.Q., Xiao, G.L., Fan, Y.B., He, M., Lv, S., & Li, Y.S. (2021). Sarcopenic obesity: research advances in pathogenesis and diagnostic criteria. *Aging Clinical and Experimental Research*, 33(2), 247–252. <https://doi.org/10.1007/s40520-019-01435-9>

M. en C.S. Alejandra Benavides Zendejas Beneficiaria del programa de investigadores del Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECyT), cuya línea de investigación se centra en la obesidad sarcopénica y su impacto en la salud y vida de las personas. Email: nut.alebenavides@gmail.com

Dra. en C.S. Eneida del Socorro Camarillo Romero, Químico Farmacéutico Biólogo, egresada de la Facultad de Química de la UAEMex, Maestría en Seguridad e higiene ocupacional y Dra. en Ciencias de la Salud, Profesor de tiempo completo en la Facultad de Química de la UAEMex. Email: eneidacamarilloromero@yahoo.com

El valor educativo de una **huerta** sostenible escolar

Miriam Reyes Tovar,
Angie Tatiana Ortega Ramírez
y Arley Lidia Moreno Robledo



La educación ambiental nos enseña el valor de hacer y sentir la comunidad

Quizás te has preguntado, ¿cuáles son los impactos que tienen nuestras actividades diarias en el medio ambiente?, ¿cómo cambian nuestros entornos? Y, sobre todo, si nuestras actividades modifican nuestros lugares de vida, ¿qué podemos hacer para cambiar, mejorar o contrarrestar estos daños? Ante ello, una posible respuesta que consideramos relevante como un acercamiento a estas preguntas, está en valorar a la educación ambiental como un conjunto de prácticas que fomentan transformaciones, actitudes y comportamientos hacia la interacción del ser humano con el entorno natural, el cual deberá estar basado en un proceso de desarrollo continuo. De acuerdo a la UNESCO (1980), la educación ambiental promueve la toma de conciencia, reflexión y cambios de comportamiento ante la evolución del medio físico y el medio social, tomando en consideración los recursos naturales, culturales y espirituales.

En este contexto, la educación ambiental no debe ser pensada como un proceso que sólo se realiza en un salón de clase, sino que al ser un proceso educativo que permite analizar problemáticas ambientales actuales e identificar su función en la sociedad, su valor de acción también estará dado en la comunidad, es decir, en nuestro espacio de vida inmediato, nuestro entorno social.

De tal manera, la educación ambiental es la base para el desarrollo de una comunidad a través de un proceso educativo, donde las personas puedan conocer, aprender a cuidar y preservar el medio ambiente (Barrero, 2020). La educación ambiental debe reconocer las diferentes culturas existentes, de igual forma generar valores y de esa manera, construir una buena relación

consigo mismo, con el otro y su entorno natural para poder tener sostenibilidad ambiental.

En el caso particular de una escuela y sus diferentes espacios, la educación ambiental debe estar vinculada a los problemas y potencialidades ambientales de las comunidades debido a que estos tienen mucha incidencia en su parte social y cultural, ya que es por medio de ello que se puede sensibilizar a la comunidad para lograr un actuar mejor y crear conciencia en la comunidad educativa respecto a la importancia de cuidar el planeta y promover prácticas sostenibles como lo puede ser pensar en una alimentación sana y la problemática del hambre que conllevan las desigualdades sociales, económicas y espaciales con los sistemas de producción, consumo y distribución de bienes y servicios.

Ante ello, involucrar proyectos ambientales como espacios de conocimiento, permite recoger las experiencias de aprendizaje para que puedan transmitir conocimientos de manera efectiva. Por ejemplo, realizar un huerto escolar sostenible.

¿Qué es un huerto escolar sostenible?

Los huertos son una estrategia para producir alimentos en espacios acondicionados en zonas urbanas o rurales. En el caso concreto de un huerto urbano, este puede ser considerado como una estrategia que se ha creado para solucionar la problemática de la producción de alimentos en las ciudades y alrededores. Usualmente, la huerta urbana está relacionada con la llamada “agricultura urbana”, la cual hace referencia a las diversas prácticas agrícolas en las ciudades, que luchan por los recursos (tierra, agua, energía, mano de obra) y servirán a otros fines para satisfacer las necesidades de las familias. (FAO, 2022).

En el caso particular de los proyectos de agricultura escolar, la huerta, se concibe como un espacio generalmente abierto y pequeño al interior de la escuela, destinado a cultivos como las flores, plantas aromáticas, hortalizas o frutales, entre otros (FAO, 2022). Tienen una incidencia muy positiva en los estudiantes que participan de estos procesos, ya que no solamente cuidan y conservan el medio ambiente si no que, a nivel social en la interacción con otros compañeros, les permite vivir una experiencia enriquecedora. Además, al hablar de un huerto escolar sostenible, estos promueven el uso de producción sostenible, sin la utilización de agroquímicos y en algunas ocasiones es completamente orgánica (FAO, 2022; Gil, 2019; Hinestroza, 2019).

¿Cómo podemos realizar un huerto escolar sostenible en nuestra escuela?

Para tener una mayor idea de qué es, cómo se diseña e implementa un huerto escolar sostenible, primero comenzamos con la medición del terreno, en la cual debe realizarse una propuesta de distribución considerando las especies seleccionadas para su cosecha, esto con la finalidad de obtener mejores resultados. De acuerdo a lo anterior, se calcula la cantidad de plantas en función de los m² de la zona, para ello la fórmula que te ayudará es:

$$Cp = \frac{As}{Ap}$$

Donde:

Cp = Cantidad de plantas

As = Área de la superficie (la unidad de medida es en m²)

Ap = Área de la planta (la unidad de medida es en m²)

Por ejemplo, si tienes una superficie plana de 3.0 m² para sembrar plantas de una especie que para tener un óptimo desarrollo necesita un espaciamiento entre plantas de 20 cm, calcular la cantidad de plantas que podrían caber en ese espacio, sería de la siguiente manera:

Datos	Formula
As = 3 m ²	Cp = As / Ap
Ap = ?	
Cp = ?	

Para calcular el Área de la planta (Ap), utilizarás la siguiente ecuación

$$Ap = Dep^2$$

Donde:

Ap = Área de la planta (la unidad de medida es en m²)

Dep = Distancia entre las plantas. (la unidad de medida es en m)

Entonces para calcular el área de la planta es igual a la distancia entre las plantas al cuadrado.

Es decir:

$$Ap = (0.2 \text{ m})^2 = 0.04 \text{ m}^2$$

Aquí los 20 cm de la distancia entre las plantas se convirtieron a metro. Continuando con el ejercicio se reemplazan los valores en la ecuación 1.

$$Cp = \frac{3 \text{ m}^2}{0.04 \text{ m}^2} = 75$$

Dando como resultado 75 plantas.

En este ejemplo propuesto, el distanciamiento entre plantas y área de la planta se vería reflejado tal como se refiere en la figura 1, correspondiente al distanciamiento entre plantas y área de la planta:

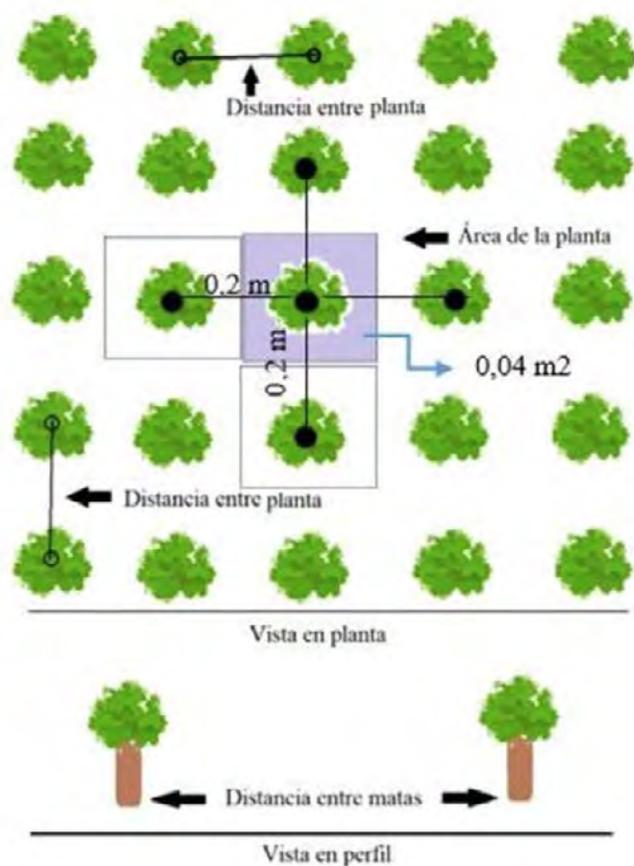


Figura 1. Distanciamiento entre plantas y área de la planta (Fuente: Elaboración propia).

En la figura 1, se puede ver un cultivo donde se ilustra un distanciamiento entre plantas y área de la planta en una vista en planta y en perfil. Como segundo elemento, seleccionamos el sistema de riego más recomendado tanto por las características de tu entorno como por el tipo de cultivo. En nuestro caso, proponemos el sistema por goteo o también denominado, riego gota a gota (Figura 2). Es una clase de riego utilizado en zonas en las que el agua escasea y op-

timiza ese recurso de una manera considerable. La idea de funcionamiento es distribuir el agua a través de goteros, que humedecen la zona de las raíces de cada una de las plantas. Es común encontrar dos formas de instalación de este sistema de distribución de agua. Por un lado, está la tubería para riego por goteo para distribuirla a lo largo de toda la zona que hay que regar. A esta tubería luego se le pincha un gotero, que será el encargado de suministrar el agua de forma muy controlada; Por otro lado, se pueden adquirir tuberías que ya tienen incorporado el goteo en la propia tubería. Esto significa que será mucho más fiable que otros tipos de riego, puesto que no hay que manipular la manguera para instalarle el gotero. Además, los goteros que vienen instalados están perfectamente integrados, evitan obstrucciones mediante el drenaje de las impurezas y ofrecen varios caudales. Los caudales se miden por litros distribuidos en una hora y hay varios rangos disponibles.

Se puede ver el diseño del sistema de riego por goteo en la huerta, vista en planta, que contiene un tanque elevado para distribución de agua por gravedad, muestra tubería en PVC, cultivos de acelga, zanahoria, tomate, papa, lechuga, semillero, compostera entre otros. Finalmente mencionar que el ciclo de vida de la huerta sostenible inicia colocando semillas en el suelo o superficie acuosa ya preparada con buenas condiciones para que germinen y desarrollen plantas nuevas, esporas o brotes con los recursos necesarios para nacer, lo harán paulatinamente, desarrollando las estructuras necesarias para nutrirse con las raíces y las hojas para hacer fotosíntesis. Dependiendo del tipo de planta, este proceso puede tomar unas pocas semanas, o muchos años, pero esto nunca se interrumpe. Las plantas crecen hasta su último segundo de vida, o al menos hasta que las condiciones esenciales (agua, luz, aire, suelo) lo permitan.

Es fundamental el cuidado que debe tener la siembra, mientras crece la planta se cuida, riega, abona, limpia, etc., no olvidando que en ese tiempo a la plántula se le debe poner el mayor cuidado porque es muy frágil y vulnerable, sino hay un cuidado adecuado estas podrían morir, originado con ello, el fin del ciclo de vida de la huerta sostenible, y cuáles serían las razones para ello: la principal sería el abandono que se sometió durante mucho tiempo, otra causa, cuando los elementos esenciales le hagan falta o por la acción de agentes externos.

De acuerdo a lo anterior, podemos concluir que, para caracterizar las condiciones necesarias para una huerta sostenible, toca establecer primero las particularidades o atributos de las huertas escolares urbanas permitiendo así diferenciar cual condición le resulta ser esenciales. De forma particular, consideramos que el diseño, implementación y seguimiento de un huerto escolar, brinda la posibilidad de aplicar las competencias adquiridas en las materias relacionadas con implementar la huerta con algunos principios que sustentan el desarrollo sostenible y, por ende, la capacidad de solucionar problemáticas de nuestro ambiente inmediato. Sirviendo de base para diseñar propuestas adicionales que den solución a diferentes contextos negativos que perjudiquen significativamente a la parte ambiental.



Figura 2. Sistema de riego por goteo vista en planta
(Fuente: Elaboración propia)

Bibliografía

- Barrero, J. (2020). La importancia de la Educación Ambiental en estudiantes de básica y media en tres instituciones educativas públicas en El Espinal (Tolima)1 Basic and high school students in three public educational institutions in El Espinal (Tolima).129– 142.
- Gil, M., & Ricardo, M. (2019). Huertas Urbanas Como Alternativa De Desarrollo Económico Sostenible. In Ayaη (Vol. 8, Issue 5).
- Hinestroza Obregón, E., Forero Castro, J. L., & Bonilla Isaza, R. D. (2019). Diseño de un modelo de producción para huertas urbanas. Revista Vínculos, 16(2), 196–208. <https://doi.org/10.14483/2322939x.15460>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencias y la Cultura. (1980). La educación ambiental. Las grandes orientaciones de la Conferencia de Tbilisi. Francia: Imprimerie des Presses.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2022). Urban And Peri-Urban Agriculture Sourcebook.

Dra. Miriam Reyes Tovar. Directora y Profesora de Tiempo Completo, cuya línea de investigación es sobre Sostenibilidad y Desarrollo Social, adscrita al Departamento de Estudios Culturales, Demográficos y Políticos de la Universidad de Guanajuato. Email: miriam.reyes@ugto.mx

Dra. Angie Tatiana Ortega Ramírez. Profesora de Tiempo Completo, cuya línea de investigación es sobre Sostenibilidad y Gestión Ambiental, adscrita a la Facultad de Ingeniería. Universidad de América, Colombia. Email: angie.ortega@profesores.uamerica.edu.co

Ing. Arley Lidia Moreno Robledo. Estudiante de la Maestría en Gestión Ambiental para la Competitividad. Universidad de América, Colombia, en la Facultad de Ingeniería. Email: arley.moreno@estudiantes.uamerica.edu.co



El **papel** del **papel de baño** tras usarlo en el lugar del baño donde no me baño

Julio César Morales Mejía



Desde la Patagonia hasta Canadá, la mayor parte de las personas en América, y posiblemente, del mundo entero, usamos papel de baño después de ir al baño. Este glorioso invento termina desechado a los pocos segundos de ser usado... A veces acaba en el cesto, otras veces en el WC (wáter closet) y otras veces, las menos deseables, acaba en el piso junto, bien juntito y algo escondidito, al costado del retrete. Si descartamos la tercera opción por ser totalmente inadecuada para la sanidad humana y para la imagen y el aroma de nuestro baño, de seguro que nos preguntaremos ¿dónde es mejor ponerlo, en el bote o en el retrete? Sobre esto escribo algunas ideas en este trabajo libre de papel, que versa sobre este pachoncito amigo, el papel de baño.

Inicio por tratar de responder a una pregunta obligada, ¿cuándo se inventó el papel de baño? Bueno, podemos decir que el papel (y la pulpa para hacerlo) fueron inventados en la antigua China hace más de 2000 años y que en esa misma nación se usó el papel para el aseo después de defecar. De acuerdo con Smith (2012) el emperador chino Hongwu mandó elaborar 15000 hojas de papel de baño, extra-suave y perfumado, para la familia imperial durante su reinado alrededor del año 1380. Sin embargo, el papel higiénico en su versión moderna surge, casi como lo conocemos hoy, cuando en Estados Unidos el inventor Joseph C. Gayetty publicó su anuncio de un papel medicado (Figura 1) en la década de 1850. En esos años, las personas veían como un lujo usar papel especial para asearse tras hacer sus necesidades y se usaba papel viejo de revistas o periódicos. Tal vez por ello Gayetty le adiciona aloe al papel que inventó, como lubricante, promoviendo como un producto anti-hemorroides. Desde el punto de vista medioambiental, el papel de Gayetty ya estaba diseñado

para su propia destrucción al ser arrastrado por el agua del retrete.

Bueno, antes de seguir, debemos definir qué es lo particular del papel de baño. Una forma es como divertidamente plasman Julieta Fierro y Juan Tonda (2009) en su bonita obra titulada *El libro de las cochinadas*: “El papel de baño está diseñado para ser un poco rasposo, a la vez que suave, para poder retirar la caca... el papel se desbarata cuando se arroja al excusado. A diferencia de otros papeles que están hechos de fibras largas, rígidas y con pegamentos resistentes al agua, las fibras del papel de baño son muy cortas y el pegamento es soluble en agua. El papel de baño está hecho especialmente para que puedas tirarlo en la taza”. Desde luego, el papel de baño se usa para limpiar pipí, popó y varios otros fluidos corporales.

Con esta idea en mente, debemos considerar que en México teníamos una norma técnica, la NMX-Q-023-1982, que era específica para el papel de baño; sin embargo, ésta no indicaba si el papel higiénico debería o no desintegrarse en el inodoro. Actualmente (año 2024) no tenemos

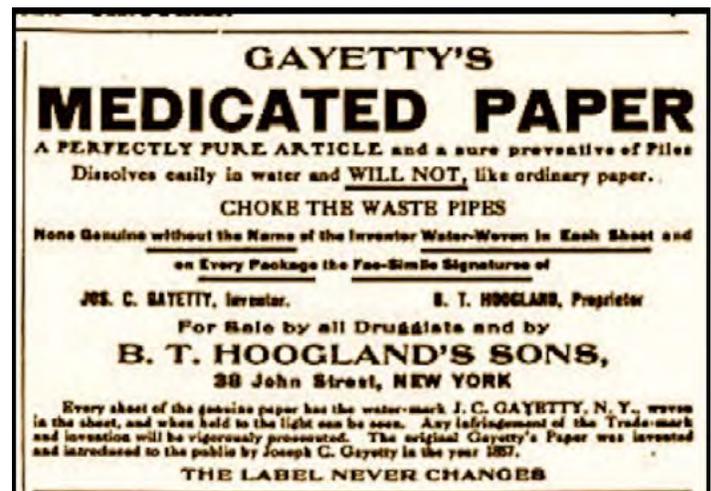


Figura 1. Anuncio del papel medicado de Gayetty (imagen tomada del trabajo de Higgins, 2021).

norma para este bien, pues la norma Q-023 dejó de ser vigente; ahora tenemos una norma oficial mexicana, la NOM-009-CNA-2001 (DOF, 2001), que regula las características de los inodoros para uso sanitario. Ahí se establece que un aspecto a analizar para el control de calidad de los WC es que evacuen un conjunto de varios rectángulos de esponja y varias esferas de papel de baño conformadas, cada una, de 4 cuadritos de papel, en una sola descarga.

Con todo esto, uno podría pensar que es ahí, en el inodoro, donde deberían ir siempre los trozos de papel de baño (nunca pongamos allí cosas como toallas sanitarias o bolsas de plástico). Entonces, ¿por qué es práctica común en muchos lugares el colocar los trozos de papel de baño en cestos (botes) junto al WC? No es clara la razón, tal vez porque antes de usar el papel de baño se usaban otros tipos de papel que tapan los tubos del drenaje en las casas, o tal vez porque en muchas redes de tuberías la pendiente se hizo tan baja (los drenajes están colocados casi horizontales) que el papel podría fácilmente sedimentarse, azolverse y luego tapar estos conductos.

Otro punto para tomar en cuenta en esta interesante decisión es que, en muchas naciones del mundo el acceso al tratamiento de aguas residuales de manera adecuada es limitado o casi nulo. En México, por ejemplo, durante 2018 se trató adecuadamente el 49 % de nuestras aguas residuales, con una tendencia decreciente en 2019 y 2020 (INEGI, 2023). En tanto, la ONU indica que, a pesar del progreso alcanzado en cobertura, 1.9 billones de personas del mundo carecen de servicios básicos de higiene o 3.4 billones de habitantes no cuentan con servicios de saneamiento de manejo seguro (ONU, 2023). Entonces, con poco saneamiento y tratamiento

de aguas residuales, el papel de baño en el agua acabaría, en buena parte, en la formación de sedimentos en el drenaje y, de ahí, una parte podrá llegar a ríos, lagos y océanos y biomas costeros.

Por otra parte, también podría pensarse que es buena idea usar los cestos de basura puestos normalmente junto al WC para colocar el papel de baño usado. Si el papel de baño se deposita luego en bolsas cerradas, las cuales se recolectan y luego se mandan a un relleno sanitario adecuadamente manejado, no deberíamos preocuparnos del manejo de este pachoncito papelito en esta ruta, pues terminaría transformado en cosas como biogás o retenido en el sitio de disposición final; pero no, aún tenemos relevantes retos en la gestión sostenible de los residuos sólidos urbanos (RSU). Por ejemplo, en México la SEMARNAT (2017) indicó que sólo el 78.54 % de los RSU se recolectaban y se colocaban en algún sitio de disposición final. Pero la misma SEMARNAT publicó, en 2021, que al año 2012 se canalizaron anualmente casi 28000000 toneladas de los RSU a rellenos sanitarios, casi 3350000 toneladas a rellenos de tierra controlados y cerca de 8680000 toneladas terminaban en sitios no controlados de disposición final. En el destino del papel de baño usado, es de preocupar la última cifra, pues ahí van incluidas toneladas de papel de baño usado que terminarán fácilmente expuestas al aire y convertidas en pequeñas partículas, las que acarrearán parte de las bacterias retiradas por el papel de baño, las cuales pueden ser transportadas y contabilizadas como partículas suspendidas totales (PST) en el aire, contribuyendo un poco a incrementar el problema del fecalismo que, si bien tiene su mayor componente en depositar directamente en suelo las heces de perros, gatos y, en menor cantidad, de humanos, las cuales son deshidratadas por la acción del sol y el viento, entonces

pasan a formar parte del polvo. Las partículas de polvo de origen fecal pueden ser respiradas o ingeridas cuando se depositan en nuestros alimentos. En cualquiera de estos casos, se convierten así en un factor potencial para transmitir enfermedades (DGCS UNAM, 2018). En otros lugares del mundo, el reto del manejo sostenible de los RSU es aún mayor; por ejemplo, la ONU (2010) presenta casos como el de la ciudad de Bamako, Mali, donde se producen alrededor de 462000 toneladas al año de RSU, de las cuales se estima una recolección de 57 %. De estos RSU recolectados, nada se dispone en un relleno sanitario ni es incinerado. Y así hay muchas naciones más.

Al llegar hasta aquí podrá haber quien proponga cosas como la quema de los papelitos sucios, su incineración o su composteo. Sin embargo, no son opciones tan eco-amigables o accesibles para la mayoría de nosotros en nuestro día a día, de forma que no los exploro en este escrito.

Entonces, ¿tú dónde crees que es mejor poner el papel de baño tras usarlo en el baño en el momento cuando no te bañas?

Referencias:

- Smith, R. (2012). Soft, strong and long: The story of toilet paper. *NewScientist*, 22 29, December 2012. Recuperado de: <https://www.newscientist.com/article/mg21628962-900-soft-strong-and-long-the-story-of-toilet-paper/>
- Higgins, E. (2021). What Did People Do Before Toilet Paper? De *Farmer's Almanac*, What Did People Do Before Toilet Paper? - *Farmers' Almanac - Plan Your Day. Grow Your Life.* (farmersalmanac.com).
- INEGI (2023). Sistema de Información de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Consultado el 05 de septiembre de 2023 en <https://agenda2030.mx/ODSind.html?ind=ODS006000250010&cveind=193&cveCob=99&lang=es#/Indicator>.
- Fierro, J. y Tonda, J. (2009). *El libro de las cochinas*. ADN Editores, México. 10ª edición. Pág. 75.
- DOF (2001). Norma oficial mexicana NOM-009-CNA-2001, Inodoros para uso sanitario-Especificaciones y métodos de prueba. Disponible en <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/N9.pdf>.
- ONU (2023). Ensure availability and sustainable management of water and sanitation for all. Consultado el 05 de septiembre de 2023 en: <https://sdgs.un.org/goals/goal6>.
- ONU (2010). *Solid Waste Management in the World's Cities. WATER AND SANITATION IN THE WORLD'S CITIES 2010*. Recuperado de: *ES_W&S_2010_print (colours)_ES_Slums_28/8* (unhabitat.org).
- SEMARNAT (2017). Residuos sólidos urbanos. Recuperado de *Residuos Sólidos Urbanos (RSU) | Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales | Gobierno | gob.mx* (www.gob.mx).
- SEMARNAT (2021). Compendio de estadísticas ambientales 2021. Resumen de la disposición final estimada de residuos sólidos urbanos. Recuperado de SEMARNAT.
- DGCS UNAM (2018). El fecalismo, grave problema de salud en la CDMX. Recuperado de: *El fecalismo, grave problema de salud en la CDMX - UNAM Global*.

--

Julio César Morales Mejía. Doctor en Ingeniería en Energía en el área de Fuentes Renovables, Maestro en Ingeniería Ambiental en el área de Agua e Ingeniero Químico con profundización en Tratamiento Biológico de Agua Residual. Profesor de Carrera adscrito a la Sección de Ingeniería Química de FES Cuautitlán. Trabaja en proyectos de calidad del agua, de tratamientos biológico y fotoquímico solar de agua residual, agua pluvial y en la medición de la radiación solar ultravioleta. Email: jcmm_profesor@comunidad.unam.mx

nanopartículas al acecho

Mariana Herrera-Rodríguez, Carmen Ximena Martínez Escutia, Estefany I. Medina-Reyes, Yolanda I. Chirino

Del agua a tu cuerpo:



Introducción

El agua, es el recurso más necesario para el desarrollo de la humanidad e indispensable para su supervivencia. El acceso al agua potable, el saneamiento y la higiene representan la necesidad humana más básica para el cuidado de la salud y el bienestar, por lo que inclusive se considera como derecho (Naciones Unidas, 2023).

Actualmente existe una gran preocupación por la escasez del agua a nivel mundial, producto del sobreuso por el ser humano y del cambio climático. Además, la humanidad no sólo se enfrenta a esta problemática, sino también a la contaminación del agua, que va de la mano con la degradación de los ecosistemas que proveen a los humanos de agua potable, como algunos humedales, que retienen y almacenan el agua.

La **contaminación del agua** ocurre por distintas sustancias que resultan dañinas para el ambiente y que llegan a los distintos cuerpos de agua (como los ríos, lagos, humedales y mares). De acuerdo con las Naciones Unidas, se considera como **agua contaminada** a aquella que tiene alterada su composición de forma directa o indirecta por la actividad humana. Existen distintas fuentes de contaminación y distintos productos que llegan al agua.

Para ti... ¿Qué es lo que contamina el agua?

- Bacterias y virus
- Jabón y shampoo
- Gasolina
- Materia orgánica (alimentos, heces)
- Medicamentos y drogas ilícitas
- Parásitos
- Pesticidas o plaguicidas
- Plásticos

Quizá los elementos de la lista anterior te resulten muy conocidos, sin embargo, existen otros contaminantes del agua que no vemos y en los cuales es necesario poner atención.

Contaminación del agua por nanopartículas

Dentro de los contaminantes del agua podemos encontrar a las nanopartículas (NPs), las cuales se producen de diferentes materiales, y se caracterizan por tener un tamaño de entre 1 a 100 nanómetros, es decir, un tamaño tan pequeño como un virus. Estas NPs se pueden considerar como un arma de doble filo, ya que por un lado tienen efectos muy benéficos, por ejemplo, hacer los aparatos electrónicos (celulares y computadoras) más ligeros, o hacer que los medicamentos lleguen a un tumor, o incluso se usan en componentes de cohetes espaciales, barcos o vehículos. Sin embargo, después del uso de estas NPs, se convierten en desechos que contaminan el ambiente y con ello, el agua.

Las NPs que encontramos en algunos medicamentos, cosméticos, ropa e inclusive en alimentos procesados, pueden llegar al agua principalmente por los desechos de la industria y de los productos que las contienen en las aguas residuales domésticas (Figura 1A), las cuales usualmente terminan en el mar, afectando así a la fauna marina como al atún, cangrejo, camarones, etc., y a otros muchos organismos (Yin *et al.*, 2017), que terminan teniendo un efecto negativo en los ecosistemas.

Por lo anterior, la presencia de NPs ha generado preocupaciones sobre la ecotoxicidad de las NPs (Figura 1B), que se refiere a los efectos dañinos en los ecosistemas y en los organismos biológicos que los habitan. Y es que algunas de

estas NPs, como las de dióxido de titanio (TiO₂) que son altamente producidas y usadas en la nanotecnología, incrementan el daño provocado en los organismos marinos por la acidificación del agua que es generada por contaminantes como el dióxido de carbono (CO₂) (Xia *et al.*, 2018). A pesar de este efecto, las NPs se pueden usar como método de remediación y saneamiento del agua.

Remediación con nanopartículas: una ventaja con riesgos

La **remediación del agua** es el proceso para limpiar el agua contaminada, ya sea reduciendo o eliminando algunos agentes dañinos para el ser humano y/o el ambiente; y el **saneamiento del agua** se refiere al conjunto de procedimientos realizados para asegurar que el agua es apta para el consumo humano. Para ello, existen muchas técnicas y una de ellas consiste en el tratamiento con NPs ya que, debido a su tamaño diminuto, poseen propiedades únicas que pueden ser aprovechadas para eliminar contaminantes presentes en aguas residuales (Figura 1C).

Uno de sus mecanismos es servir como imanes de compuestos contaminantes, como el arsénico, y así eliminar contaminantes de forma más eficiente que otros métodos empleados en las plantas de tratamiento del agua. Algunas otras NPs, como las del óxido de zinc (ZnO), pueden ayudar a que los organismos marinos, como los moluscos, sobrevivan ante la acidificación del agua (Huang *et al.*, 2018). Otras inclusive, como las de TiO₂, pueden servir para reducir la presencia de bacterias incluso si la concentración de estas es baja (Farkas *et al.*, 2015), y pueden usar la luz solar para eliminar este tipo de contaminantes y otros (Awfta *et al.*, 2018).

Entre las ventajas, encontramos que las NPs son altamente eficientes en comparación con otros métodos convencionales, como el uso del ozono o el cloro, con los cuales muchos compuestos persisten sin alteración alguna. También, pueden ser diseñadas para tratar contaminantes específicos, y requieren poco espacio si las comparamos con otros métodos. Sin embargo, como en la mayoría de los procesos de tratamientos de aguas residuales, su empleo no es del todo satisfactorio, ya que algunos compuestos persisten sin alteración alguna y parte de éstas NPs persisten en el agua tratada (Figura 1D). Por esto se cuestiona mucho el empleo de la nanotecnología en el tratamiento del agua, porque, pueden tener efectos tóxicos para los organismos que no se buscan eliminar o para la salud humana si no se manejan adecuadamente, por lo que es necesario analizar y diseñar métodos para la recuperación de las NPs, así como considerar su posible toxicidad, para minimizar su afectación en el saneamiento del agua.

La presencia de NPs en el agua tratada, implica un riesgo porque puede usarse para los sembradíos de distintos vegetales y fruta del consumo humano (Figura 1E), y es en este escenario en donde las NPs se vuelven un arma de doble filo ya que podrían tener algunos efectos en la salud humana al ser un contaminante más del agua.

Para empezar, ¿Qué sucede cuando consumes agua contaminada?

El consumo de agua contaminada ya sea por virus, bacterias u otros microorganismos, implica la posibilidad de enfermarse por diarrea, o de padecer enfermedades más delicadas como la provocada por el virus del cólera o de la hepatitis, que incluso pueden provocar la muerte. Sin

embargo, las enfermedades generadas por la presencia de las NPs en el agua, no se han descrito y el riesgo que podrían tener para la salud aún no se ha evaluado del todo. A pesar de esto, se sabe que las NPs pueden afectar la estabilidad de las células del cuerpo humano tras su consumo ya sea por alimentos procesados o aquellas contenidas en animales del mar. Así que vamos a explorar dentro de las células.

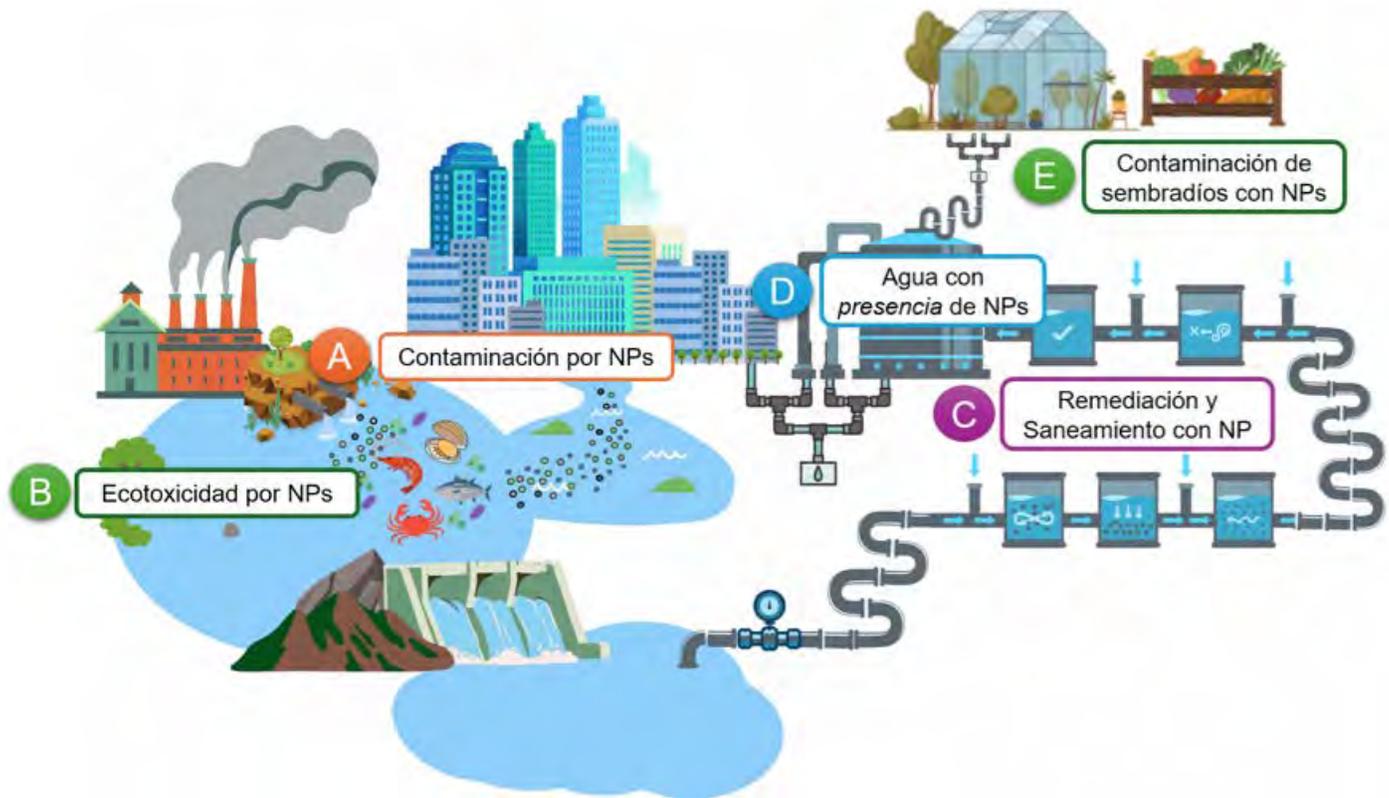


Figura 1. Ciclo de contaminación del agua por Nanopartículas (NPs). Existen diversas fuentes de contaminación del agua por NPs como las generadas por los desechos urbanos y generados por las fábricas que terminan en las aguas residuales (A). Esta agua contaminada con NPs usualmente termina en los mares o cuerpos de agua causando ecotoxicidad, es decir, alteraciones en los ecosistemas (B). La mayoría del agua contaminada pasa por un proceso de remediación del agua, y en algunas plantas de agua tratada usan las NPs como método de remediación, lo cual es un arma de doble filo (C). Esta agua tratada, que tiene presencia de NPs (D), llega a usarse en algunos lugares de las ciudades y también en el campo para el riego de sembradíos (E), continuando así con el ciclo de contaminación con NPs.

De tu boca a tus células

Las NPs entran a nuestro cuerpo por vía oral, es decir, por nuestra boca (Figura 2A); posteriormente llegan al estómago, donde el alimento se procesa para ser aprovechado en forma de energía y nutrientes. Sin embargo, un pequeño detalle, la mayoría de las NPs no se metabolizan, pasan

directo de nuestro intestino a nuestra sangre (Figura 2B), circulan por el torrente sanguíneo y posteriormente llegan y se depositan en otros órganos (Figura 2C), sin ninguna modificación importante en su estructura.

Las NPs tienen características físicas y químicas muy particulares, el tamaño tan pequeño es una de las más relevantes, por lo que logran entrar a las células con mucha facilidad. Existen diferentes mecanismos para ello, uno de los más comunes es la endocitosis, que ocurre cuando la membrana celular envuelve a las NPs formando algo como una canasta (endosoma), lo que permite su entrada. Otro mecanismo es la difusión pasiva, es decir que las NPs entran libremente, tal y como cuando cruzas tú una puerta, sin ayuda de nadie (Figura 2D), y este método es usado por las NPs de menor tamaño. Una vez dentro de las células, las NPs pueden permanecer dentro de ella por un tiempo indefinido y ocasionar distintos efectos nocivos. Por tanto, si el consumo de las NPs es muy continuo, logran acumularse en la célula y afectan componentes celulares importantes como lo es el retículo endoplasmático (Figura 2E).

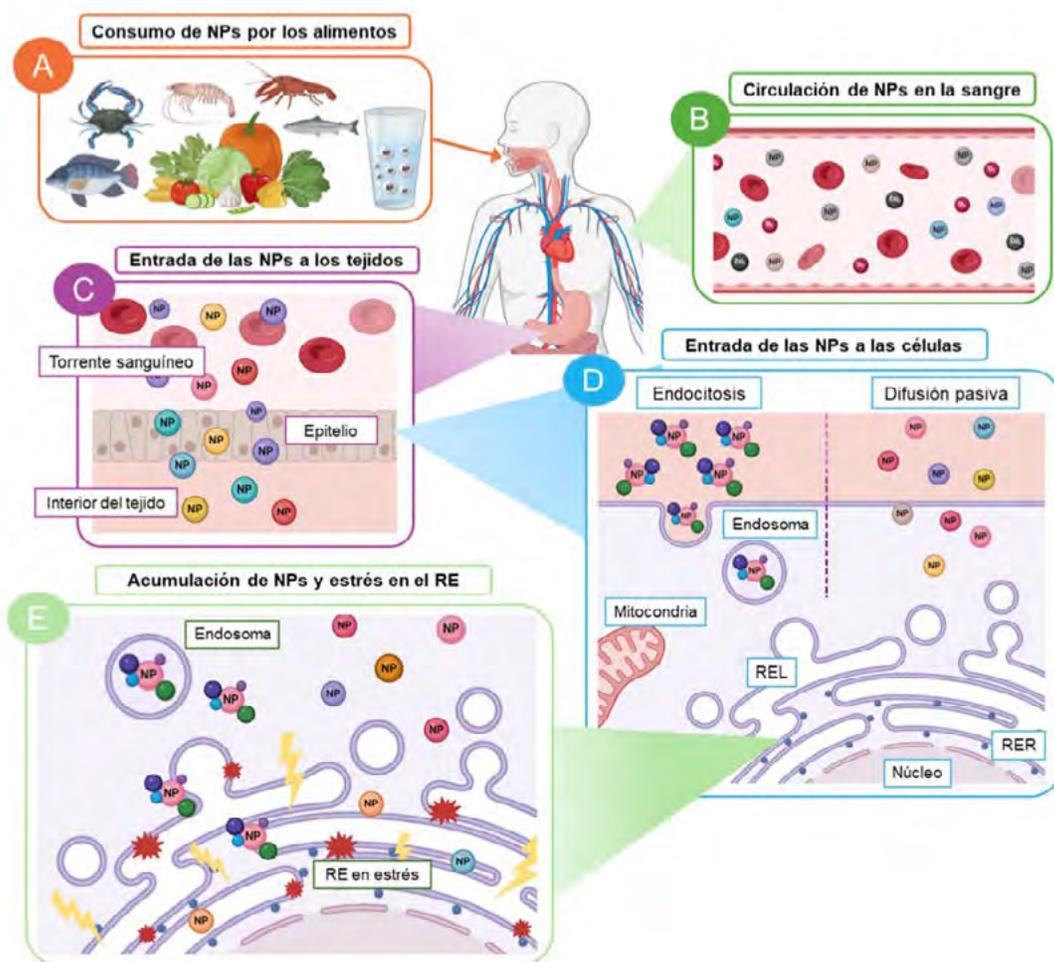


Figura 2. El camino que las nanopartículas contenidas en los alimentos recorren desde tu boca hasta las células de tu cuerpo. RE: Retículo endoplasmático, REL: Retículo endoplasmático liso, RER: Retículo endoplasmático rugoso.

¿Has escuchado hablar del retículo endoplasmático?

La célula se compone de varias estructuras internas con funciones específicas (organelo), entre ellos se encuentra la mitocondria, el núcleo, el aparato de Golgi, el retículo endoplasmático (RE) y otros. El RE es un organelo que se encuentra en las células eucariotas (animales, vegetales y hongos), que tiene una estructura membranosa; y entre sus principales funciones está la formación y transporte de proteínas, así como la regulación del calcio (Ca^{+2}) dentro de las células y la eliminación de compuestos dañinos dentro de la célula (Campbell y Farrell, 2021). Por tanto, si se daña el RE, se afectarían muchos procesos necesarios para el funcionamiento correcto de la célula.

El retículo endoplasmático en problemas

Cuando las condiciones celulares no son del todo óptimas, el RE puede sufrir estrés, el cual se conoce como estrés del retículo endoplasmático (ERE), tiene diversas consecuencias que afectan el funcionamiento de la célula. Dentro de las afectaciones más graves se encuentra el daño al material genético, la síntesis y función de las proteínas y por ende en el correcto funcionamiento correcto de la célula. A estas proteínas se les conoce como proteínas mal plegadas (proteínas que no se formaron correctamente) (Zhang *et al.*, 2015), y se ha observado que la acumulación de éstas se relaciona con múltiples enfermedades, entre las que destaca el Alzheimer y el Parkinson.

Las NPs de TiO_2 , de plata y muchas otras, pueden provocar ERE ya que aumentan la cantidad de calcio intracelular (Ca^{+2}) y de las especies reactivas de oxígeno (ROS) (He *et al.*, 2018). Al causar un grave ERE las proteínas no funcionan bien, derivando incluso en la muerte celular y en el desarrollo de patologías (Hackenberg *et al.*, 2011).

Aunque no hay evidencia que demuestre que el consumo de NPs sea la causa directa del desarrollo de enfermedades, sí hay evidencia de que pueden incrementar algunas como la colitis. Sin embargo, se sabe que el ERE (no necesariamente generado por las NPs) está relacionado con la posible adquisición de enfermedades gastrointestinales inflamatorias como la gastritis e incluso el cáncer de colon. Esto es importante, porque es entonces probable que el consumo de NPs, cause el ERE, y hacernos más propensos a desarrollar estas enfermedades.

En conclusión...

- Las NPs son sintetizadas por el ser humano utilizando diferentes materiales, y se usan en muchos productos de la vida cotidiana como los celulares, computadoras, ropa, alimentos, medicamentos, medios de transporte como autos, barcos e incluso en cohetes espaciales.
- Estas NPs forman parte de los desechos que son vertidos a los drenajes, siendo un contaminante más del agua.
- Estas NPs también se pueden usar en la remediación y saneamiento del agua, es decir, para limpiar el agua ya que se unen fácilmente materia orgánica y muchas moléculas que son parte de los contaminantes del agua.

- Aún no se sabe qué enfermedades podría causar el consumo de agua contaminada por NPs en el ser humano. Lo que sí se sabe, es que cuando estas NPs entran a las células humanas, pueden causar alteraciones en diferentes componentes celulares, entre ellos la mitocondria, el núcleo, el citoesqueleto y el retículo endoplásmico.
- El retículo endoplásmico (RE) es necesario para distintas funciones y permite la formación de proteínas, su transporte, y ayuda en la eliminación de compuestos dañinos dentro de la célula.
- Se sabe que las NPs pueden generar daño en el RE, y por lo mismo, es probable que esto aumente la posibilidad de desarrollar, o aumentar, enfermedades gastrointestinales como la gastritis, colitis o el cáncer de colon.

Mensaje final

Debemos ser responsables del consumo de productos que utilizamos en nuestra vida diaria considerando que todo lo que ponemos en el bote de basura puede contaminar el aire, el suelo, e incluso el agua, la cual reciclamos para su uso humano. Actualmente no hay legislación sobre el tipo y cantidad de NPs permitidas en las aguas tratadas, por lo que es necesario que se establezca un límite de uso o métodos de recuperación de las NPs por ser una posible fuente de contaminación en la que el ser humano esté expuesto y a largo plazo, causar daños a la salud. Además, es necesario tratar de usar artículos que sean durables y evitar aquellos de un solo uso para contribuir a reducir la contaminación ambiental.

REFERENCIAS

- Awfa, D., Ateia, M., Fujii, M., Johnson, M. S., y Yoshimura, C. (2018). Photodegradation of pharmaceuticals and personal care products in water treatment using carbonaceous-TiO₂ composites: A critical review of recent literature. *Water research*, 142, 26–45. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.05.036>
- Campbell M. y Farrell S. (2021). *Bioquímica*. 8a. edición. México: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V. ISBN: 978-1-285-42910-6
- Farkas, J., Peter, H., Ciesielski, T. M., Thomas, K. V., Sommaruga, R., Salvenmoser, W., Weyhenmeyer, G. A., Tranvik, L. J., y Jenssen, B. M. (2015). Impact of TiO₂ nanoparticles on freshwater bacteria from three Swedish lakes. *The Science of the total environment*, 535, 85–93. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.03.043>
- Hackenberg, S., Scherzed, A., Kessler, M., Hummel, S., Technau, A., Froelich, K., Ginzkey, C., Koehler, C., Hagen, R., y Kleinsasser, N. (2011). Silver nanoparticles: evaluation of DNA damage, toxicity and functional impairment in human mesenchymal stem cells. *Toxicology letters*, 201(1), 27–33. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2010.12.001>
- He, Q., Zhou, X., Liu, Y., Gou, W., Cui, J., Li, Z., Wu, Y., y Zuo, D. (2018). Titanium dioxide nanoparticles induce mouse hippocampal neuron apoptosis via oxidative stress- and calcium imbalance-mediated endoplasmic reticulum stress. *Environmental toxicology and pharmacology*, 63, 6–15. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2018.08.003>
- Huang, X., Liu, Y., Liu, Z., Zhao, Z., Dupont, S., Wu, F., Huang, W., Chen, J., Hu, M., Lu, W., y Wang, Y. (2018). Impact of zinc oxide nanoparticles and ocean acidification on antioxidant responses of *Mytilus coruscus*. *Chemosphere*, 196, 182–195. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.12.183>
- Naciones Humanas. (2023). Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Edición especial. Por un plan de rescate para las personas y el planeta. ISSN:2521-690
- Xia, B., Sui, Q., Sun, X., Han, Q., Chen, B., Zhu, L., y Qu, K. (2018). Ocean acidification increases the toxic effects of TiO₂ nanoparticles on the marine microalga *Chlorella vulgaris*. *Journal of hazardous materials*, 346, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.12.017>

Yin, C., Zhao, W., Liu, R., Liu, R., Wang, Z., Zhu, L., Chen, W., y Liu, S. (2017). TiO₂ particles in seafood and surimi products: Attention should be paid to their exposure and uptake through foods. *Chemosphere*, 188, 541-547. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.08.168>

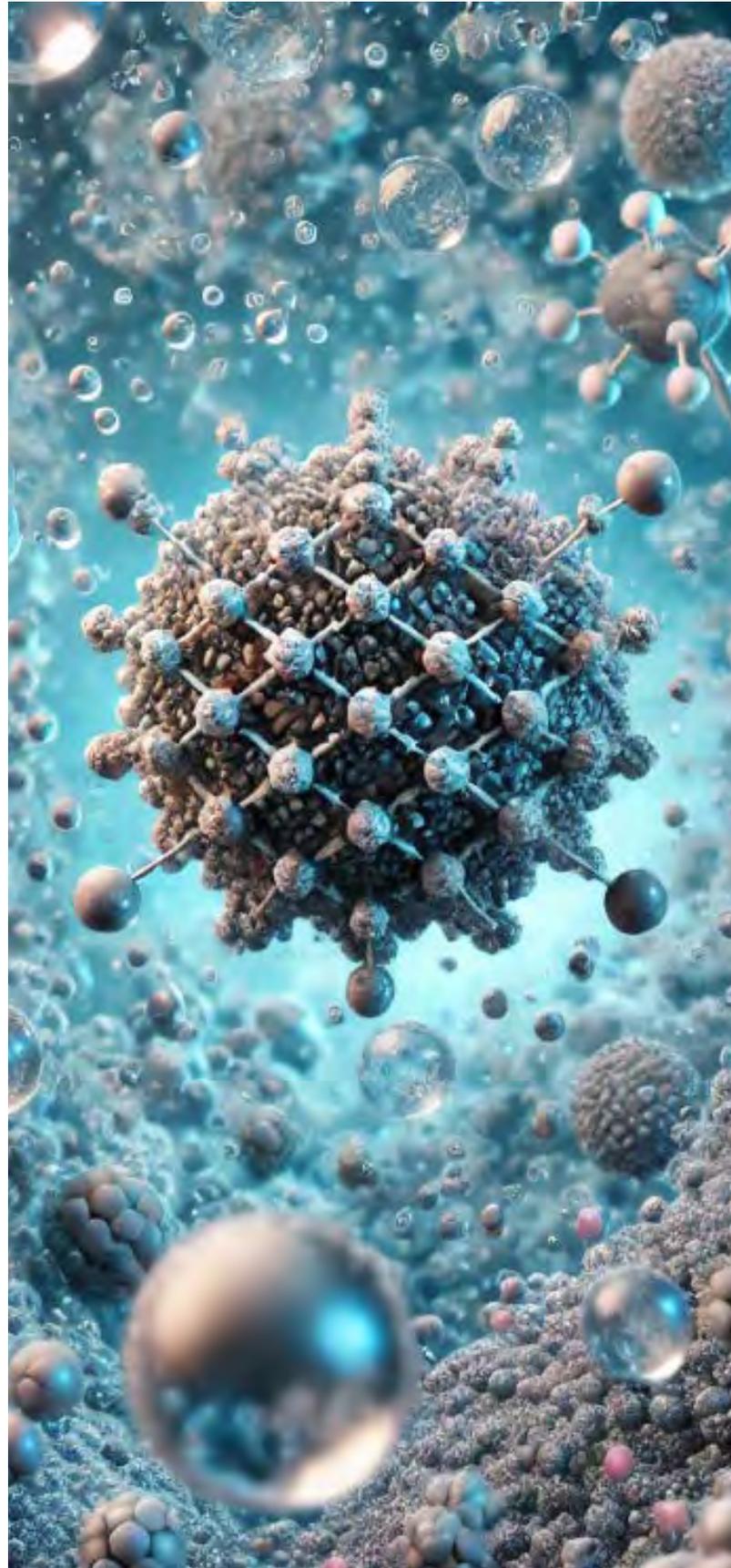
Zhang, H., Wang, Z., Lu, X., Kong, X., Wu, F., Lin, L., Tan, X., Ye, L., y Xiao, J. (2015). Endoplasmic reticulum stress: relevance and therapeutics in central nervous system diseases. *Molecular neurobiology*, 51(3), 1343-1352. <https://doi.org/10.1007/s12035-014-8813-7>

Biol. Mariana Herrera Rodríguez, alumna del Programa de Doctorado en Ciencias Biomédicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, cuya línea de investigación es sobre contaminantes atmosféricos y sus efectos en la salud. Email: mhr270405@gmail.com

Biol. Carmen Ximena Martínez Escutia, bióloga egresada de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, cuyo proyecto de titulación se centró en la acumulación del aditivo alimentario dióxido de titanio en hígado, bazo y riñón. Email: ximesc1406@gmail.com

Dra. Estefany I. Medina-Reyes es bióloga con experiencia en toxicología, y su trabajo en los últimos 11 años se ha enfocado en mostrar los efectos adversos que diversos nanomateriales y aditivos alimentarios inducen en el sistema respiratorio y gastrointestinal. Email: medinaingrid0@gmail.com

Dra. Yolanda I. Chirino es una científica dedicada a identificar agentes que están presentes en áreas de trabajo, en el ambiente o en alimentos que pueden causar daños a la salud humana y agradece el apoyo otorgado al proyecto IN209522 por el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (DGAPA-UNAM). Email: chirino@unam.mx



Una antigua expedición biológica por la ribera del río Papaloapan

Lázaro Guevara



El majestuoso río Papaloapan recorre los estados de Oaxaca, Veracruz y Puebla, siendo uno de los más largos y caudalosos de México. Desde que se tiene memoria, este río ha tenido un papel estratégico como vía de comunicación para los pobladores que se desplazaban y transportaban mercancías entre las tierras altas de la Sierra Norte de Oaxaca y la cuenca baja en la planicie costera del Golfo de México. La importancia del cauce del Papaloapan en el poblamiento de su ribera y su crecimiento demográfico, así como su desarrollo económico, ha sido innegable (Thiébaut, 2013). El río Papaloapan también sirvió como ruta para emprender las primeras exploraciones científicas a través de su área de influencia, lo que permitió documentar y dar a conocer su riqueza biológica. Una de las expediciones ocurrió hace más de un siglo, cuando los naturalistas estadounidenses Edward W. Nelson (1855–1934) y Edward A. Goldman (1873–1946) recorrieron el río Papaloapan desde Tlacotalpan hasta Tuxtepec. En tan solo tres semanas, Nelson y Goldman se internaron por el río para documentar la riqueza biológica, así como diversos aspectos de la vida social que transcurría durante el Porfiriato (1876–1911), el período en la historia de nuestro país que abarcó el mandato casi ininterrumpido por el general Porfirio Díaz (Goldman, 1951). A pesar de las dificultades que ambos tuvieron para viajar, las condiciones duras de trabajo en el campo y algunas experiencias desagradables, los dos naturalistas realizaron descripciones valiosas e irrepetibles acerca del ambiente. Estas descripciones se basaron no sólo en sus observaciones personales, sino también en todo aquello que registraban a través de las pláticas y convivencias con los lugareños, y gran parte de esta información quedó registrada en publicaciones científicas, cartas y sus diarios de campo.

Dos naturalistas de nacimiento

Nelson y Goldman eran naturalistas en la más amplia extensión de la palabra; personas con una profunda y amplia familiaridad con muchas especies de plantas y animales, así como conocimientos sobre aspectos climáticos y geográficos, e incluso sociales. Por esta razón, en 1892 ambos fueron comisionados por el gobierno de los Estados Unidos para realizar una exploración de campo de tres meses en México, con la intención de obtener especímenes de fauna y flora (en especial aves y mamíferos) para preservarlos en museos de historia natural. La expedición rápidamente empezó a obtener resultados tan notables y novedosos que el viaje no duró tres meses, sino catorce años, desde 1892 hasta 1906 (López-Medellín y Medellín, 2016; Sterling, 1991). Así, un viaje originalmente planeado como corto terminó en una de las expediciones más importantes realizadas a través de prácticamente todo México. Al final de la travesía, ambos naturalistas ya eran los científicos extranjeros que conocían mejor que nadie a nuestro país (Guevara, 2021).

El viaje por el Papaloapan

Nelson y Goldman arribaron a la cuenca del Papaloapan a finales de marzo de 1894. Venían de un trayecto agotador a través de la región de las Altas Montañas del estado de Veracruz, visitando ciudades como Orizaba, Huatusco, Maltrata e incluso ascendiendo el volcán Citlaltépetl. El primero de abril de ese año se embarcaron por las aguas del Papaloapan, partiendo de la ciudad de Tlacotalpan con destino a Otatitlán (también conocida como El Santuario). Este día Nelson escribió en su diario de campo:

“Cuando salió el sol por la mañana, ya estábamos a muchos kilómetros río arriba junto con un pequeño y ruidoso bote de popa. La brisa de la mañana que soplabla la corriente había sido muy fría antes de que saliera el sol, de modo que los primeros rayos cálidos fueron particularmente bienvenidos”

En el primer tramo del trayecto, de Tlacoalpan a Chacaltianguis, observaron una inmensa cantidad de palmeras de hasta 10 metros de altura, así como matas de plátano y palmas de coco que crecían en casi todos los ranchos que se veían a lo largo de la orilla del río. Algunas de las aves que más destacaron fueron las garzas blancas, martines pescadores, halcones y cormoranes que se zambullían para pescar. En Chacaltianguis, cambiaron de embarcación para seguir su camino por tierra hasta Otatitlán. En esta ciudad fueron testigos de la devoción de los pobladores a la figura sagrada de Cristo que está en la iglesia. Ahí, tuvieron que conseguir caballos para seguir su camino por la ribera del Papaloapan hasta llegar a Tuxtepec (Figura 1).

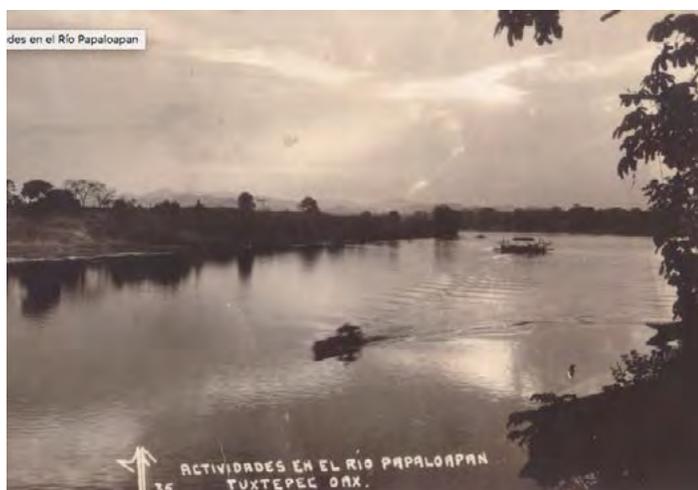


Figura 1. Vista del río Papaloapan a finales del siglo XIX, cerca de Tuxtepec, Oaxaca (Fotografía: Charles B. Waite; Repositorio Documental Digital, Archivo General de la Nación).

Nelson escribió que habían parado justo frente a Tuxtepec y los caballos tuvieron que atravesar el río nadando, algo que es factible durante la época de secas en la que se encontraban. De Tuxtepec rápidamente notaron que era una ciudad con muy poco movimiento, casi un pueblo fantasma, retirada de las vías del ferrocarril y de otros medios de comunicación con otros poblados aledaños, a excepción de los pequeños barcos de vapor que llegaban esporádicamente. La estación de ferrocarril que uniría a Tuxtepec con el resto de la red ferroviaria de Oaxaca y Veracruz se inauguraría unos años después. Goldman notó el ambiente tropical de los alrededores de Tuxtepec y lo dejó plasmado en su diario:

“La región de las estribaciones del interior de Tuxtepec tiene un clima mucho más húmedo que la llanura baja que se extiende hacia el mar, como lo muestra la vegetación tropical más exuberante”.

Estas características climáticas tenían un impacto en la vida económica de la región, ya que determinada lo que ahí se producía y consumía, como las piñas, los plátanos, la caña de azúcar, el arroz y muchos otros productos tropicales. Sin embargo, a juicio de Nelson, la gente hacía poco esfuerzo para hacer más que producir lo suficiente para apenas mantenerse y subsistir. Durante su estancia en Tuxtepec, decidieron establecer un campamento unos kilómetros al norte de la ciudad, probablemente cerca de lo que hoy conocemos como la comunidad de Papaloapan. Para llegar tuvieron que cabalgar a través de la selva densa y enmarañada, con largas enredaderas y arbustos espinosos a través de un sendero que les causó muchos problemas para llegar, según ambos relataron. Los árboles y arbustos eran totalmente tropicales, tal como

cedros, caobas, palmeras y chancarros. Los faisanes y las chachalacas eran muy abundantes en aquel entonces. En ese lugar contrataron a un cazador local y un niño que les ayudaba con los quehaceres en el campamento (Figura 2). Los principales animales de caza que observaron ahí fueron los pecaríes, temazates y monos araña, los cuales ya no se encuentran actualmente en esa región. Dos ejemplares de mono araña que ahí obtuvieron se encuentran resguardados hoy en día en el Museo Nacional de Historia Natural del Instituto Smithsonian de los Estados Unidos, localizado en la ciudad de Washington D.C. Nelson no perdió la oportunidad de observar y escribir sobre el paso de embarcaciones por el río:

“El tráfico a lo largo de este río es totalmente por canoas hechas de grandes árboles por los nativos. Algunas de estas canoas son muy grandes y transportarán 6 u 8 toneladas. Tienen un “toldo” o casa arqueada cerca de la popa hecha con esteras o un lienzo sobre un marco de postes. Se utiliza un mástil robusto con una vela cuadrada grande cuando el viento es favorable.”

Si bien es cierto que Nelson y Goldman visitaron la región en la época de secas, el día 10 de abril no se escaparon de haber cabalgado durante más de 2 horas a través de una tormenta extremadamente fuerte. Finalmente, el 13 de abril emprendieron el regreso río abajo pasando nuevamente por Otatitlán, Chacaltianguis y Tlacotalpan, intercambiando el medio de transporte entre canoa, carreta y barco de vapor. Al salir de Tuxtepec, Nelson afirmó haber visto una aleta de un pequeño tiburón cortando el agua y los acompañantes en la canoa dijeron que no eran raros en ese punto del río, y que ellos los conocían como pez perro, el cual llegaba a medir alrededor de 1 metro de longitud. Los lugare-

ños también comentaron que se podían encontrar algunos cocodrilos a lo largo del río, aunque Nelson y Goldman no los lograron ver. De esta forma su viaje a través del río Papaloapan terminaba. El 19 de abril salieron con rumbo a su siguiente destino, la mítica región de Los Tuxtlas, pero esa es otra historia.

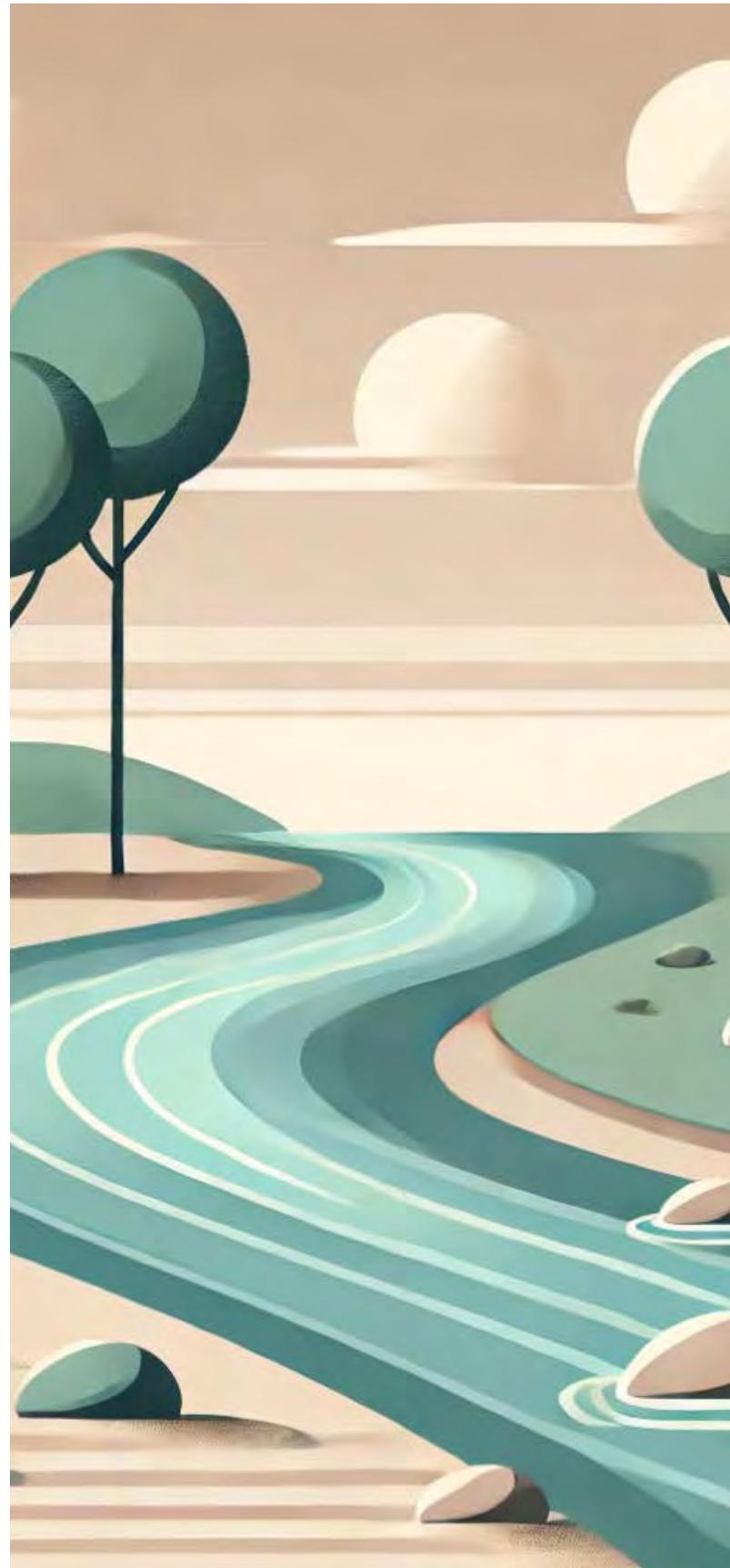
El Papaloapan hoy: 130 años después

La expedición de Nelson y Goldman por tierras mexicanas continúa viva en diarios de campo, notas, correspondencia, publicaciones científicas, recortes de periódicos y fotografías. Toda esta información tiene un valor incalculable, ya que documenta el instante previo al acelerado aumento poblacional del país y el cambio ambiental con el que vino acompañado. En aquél entonces, la población en México era de tan solo unos 12 millones de personas, muy lejos de los 130 millones que somos en la actualidad. Recordar la expedición de Nelson y Goldman a través del río Papaloapan es una invitación para reflexionar sobre el rápido deterioro ambiental que ha sufrido este esplendoroso río y su ribera. Muchas especies nativas que ambos naturalistas observaron son ahora extremadamente difíciles de encontrar y muchas otras ya no existen en la región. En cambio, diversas especies invasoras son ahora residentes habituales. El paisaje que ambos naturalistas describieron también ha sido reemplazado por uno que ha sido moldeado principalmente por el desmonte, la caza furtiva y la contaminación, llevando al río Papaloapan y su zona de influencia a un punto crítico. Es momento de actuar para encontrar un equilibrio justo entre nuestro desarrollo como sociedad y la conservación de nuestro entorno.

Referencias

- Goldman, E. A. (1951). Biological investigations in Mexico. *Smithsonian Miscellaneous Collections* 115:1-476.
- Guevara, L. (2021). The legacy of the fieldwork of EW Nelson and EA Goldman in Mexico (1892-1906) for research on poorly known mammals. *History and Philosophy of the Life Sciences*, 43(1), 31.
- López-Medellín, X., & Medellín, R. A. (2016). The influence of E. W. Nelson and E. A. Goldman on Mexican mammalogy. *Special Publications, Museum of Texas Tech University*, 64, 87-103.
- Sterling, K. R. (1991). Two pioneering American mammalogists in México: The field investigations of Edward William Nelson and Edward Alphonso Goldman 1892-1906. In M. A. Mares & D. J. Schmidly (Eds.), *Latin American Mammalogy: History, diversity, and conservation* (pp. 33-47). Oklahoma: University of Oklahoma Press.
- Thiébaud, V. (2013). Paisaje e identidad: El río Papaloapan, elemento funcional y simbólico de los paisajes del Sotavento. *LiminaR* 11: 82-99.

Dr. Lázaro Guevara. Biólogo por la Universidad Veracruzana, con maestría y doctorado por la UNAM. Realizó una estancia postdoctoral en The City University of New York y otra en el Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera". Desde 2018 es investigador en la Colección Nacional de Mamíferos en el Instituto de Biología de la UNAM. Sus líneas de investigación, docencia y divulgación se enfocan en sistemática, biogeografía, conservación e historia sobre los mamíferos Neotropicales. Email: llg@ib.unam.mx.



Desigualdades y conflictos por el **agua en México:** ¿hacia dónde debemos ir?

Gonzalo Hatch Kuri

El agua es un elemento de la naturaleza estratégico porque permite el desarrollo de cualquier actividad económica y, al mismo tiempo, es un elemento natural para el desarrollo de la vida compleja. En México, se estima que cerca del 15 % de los hogares carecen de acceso al agua potable, mientras que al mismo tiempo, se agudiza una crisis ambiental en cuencas sumamente contaminadas como la del río Lerma, Atoyac o Santiago. No solo eso, las desigualdades en el acceso al agua se materializan cuando se observa con detenimiento el proceso de dotación de agua a los diversos concesionarios que la demandan.

Diversas áreas del sector hídrico requieren una intervención inmediata; en trabajos previos hemos identificado tres áreas de naturaleza crítica: la democratización de los mecanismos institucionales para la participación ciudadana (MIPC), es decir, los Consejos de Cuenca y sus organismos auxiliares; la inserción de un marco regulatorio para el Agua Subterránea y, finalmente, la revisión al Tratado de Aguas de 1944. Todas estas medidas tienen por objetivo mantener un clima de paz social, pero también la preservación y el manejo sustentable del agua como medida de prevención ante el Cambio Climático.

Democratizar la toma de decisiones en el Sector Hídrico

La descentralización del agua impulsada bajo el marco legal, la Ley de Aguas Nacionales (LAN) y su Reglamento, organizó y dividió territorialmente nuestro país en 13 Regiones Hidrológico-Administrativas. En cada una, existe un Organismo de Cuenca que representa al Poder Ejecutivo Federal a través de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), para coordinar con las entidades federativas y los municipios, la po-

lítica hidráulica y la administración de las aguas nacionales. Entre estas acciones, se encuentra la democratización de la toma de decisiones en el Sector Hídrico a través de la concertación social instrumentada en los MIPC en el seno de los Consejos de Cuenca.

En la actualidad, se encuentran instalados 26 Consejos de Cuenca, sus Asambleas se encuentran conformadas por funcionarios de los tres niveles de gobierno, representantes titulares y suplentes de los concesionarios de agua (considerando los diferentes usos de acuerdo a la LAN) y representantes de la sociedad civil (academia y organizaciones no gubernamentales). Sin embargo, como se pudo demostrar en dos estudios pioneros (Talledos et al, 2020.; Rojas-Rueda *et al.*, 2024), acerca de la política de concesiones de agua y la captura política del agua, es necesario revisar y modificar algunos elementos que producen conflictos y desigualdad.

Los Consejos de Cuenca, en la práctica, son órganos de concertación entre el Estado y el mercado, promueven arreglos corporativizados que han acabado por mantener el estatus quo que priva en el manejo de los derechos de agua en México. Por lo tanto, es necesario evitar la sobrerrepresentación de los intereses del mercado, a través de los representantes de las Organizaciones No Gubernamentales y los Concesionarios de los diferentes usos del agua. Estos espacios de carácter consultivo, si se aspira a una democracia hídrica, tendría que garantizar la participación de otros usuarios de agua como los Sistemas Rurales o Comunitarios de Agua, quienes dotan de agua a las comunidades en aquellos casos en los que se registra la ausencia de los organismos operadores municipales. También, es deseable asegurar la presencia de

los representantes de los caudales ecológicos que son quienes representan al agua en su función ambiental o para la naturaleza.

Integrar un marco regulatorio exclusivo para el agua subterránea con propósitos ambientales y democráticos

De acuerdo con la CONAGUA (2018), se estima que México recibe por concepto de agua pluvial un volumen de 1,449,471 millones de m^3/a (Mm^3/a), de los cuales apenas el 6.4 % se infiltra y recarga los acuíferos ($92,544 Mm^3/a$). La importancia del agua subterránea se refleja en los volúmenes concesionados, verificando su peso en los sectores público-urbano (58.4 %) e industrial (50.7 %), seguido del agrícola (36.4 %) (Véase Figura 1). En el estudio de Talledos et al. (2020), se demuestra que en las últimas tres décadas fueron concesionados enormes volúmenes de agua al amparo de la Inversión Extranjera Directa (IED) en acuíferos previamente vedados y, que en apariencia, no tenían más agua. Algunos beneficiarios industriales como el ramo cervecero concentró volúmenes por $220 Mm^3/a$, mientras que la minería metal-mecánica activa rebasaba los $550 Mm^3/a$. Sin duda, esta información atizó el sentimiento de desigualdad para quienes luchan por que el Estado cumpla con el Derecho Humano al Agua y al Saneamiento, consagrado en el artículo 4 constitucional. Más del 90 % de estas concesiones fueron otorgadas para extraer agua subterránea, agudizando el conflicto socio ambiental por ocasionar daños como la desertificación, el hundimiento diferenciado y el abatimiento de los niveles freáticos.

En México hubo una Ley de Agua Subterránea y su reglamento expedido en 1958. Ambos tenían por objetivo establecer medidas de control por medio del principio de utilidad pública. Con la entrada en vigor de la LAN, el control del agua subterránea quedó subsumido a la lógica del manejo de agua por cuenca hidrológica. Por lo anterior, en trabajos previos (Carmona et al., 2017; Hatch et al., 2019 y Schmidt et al., 2023), se ha identificado que es necesario desarrollar algunas acciones al respecto.

Fortalecer un sistema hidrogeológico nacional capaz de producir la evidencia científica para determinar la disponibilidad del agua en los acuíferos. Otra opción es ampliar las capacidades del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, pero quizá lo más importante es cambiar



Figura 1. Pozo localizado en San Marcos Huixtoco, Chalco, Estado de México, operado por el Comité comunitario de Agua potable. Foto tomada por Gonzalo Hatch Kuri en abril de 2019.

la unidad de gestión de esta agua que, en la actualidad son los acuíferos administrativos (653 en total), cuya función principal es el manejo de los derechos de agua. En ese sentido, es un imperativo crear una unidad hidrogeológica que fundamente una nueva política de manejo de derechos de agua y con incidencia directa en la expedición de derechos de agua en el seno de los Consejos de Cuenca democratizados.

Revisar el Tratado Internacional de Aguas México-Estados Unidos de 1944

En 1944, México y Estados Unidos firmaron el Tratado de aguas para distribuir tres cuencas transfronterizas: el río Grande/Bravo, el río Colorado y el río Tijuana. En el caso de la primera cuenca, se acordó que México debe asignar a los Estados Unidos un caudal de 432 Mm³/a, contabilizados en ciclos quinquenales en el tramo de Fort Quitman al Golfo de México. Para el Colorado, los Estados Unidos se comprometieron a entregar a México un caudal de agua de 1,850 Mm³/a, mientras que en el río Tijuana, todo su escurrimiento México lo entrega a los Estados Unidos en el condado de San Isidro, California.

El Tratado opera gracias a una oficina binacional técnica, es decir, la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA), que en el caso mexicano depende de la Cancillería y, en los EEUU, del Departamento de Estado. A la fecha, el Tratado no ha sido objeto de una revisión o renegociación encabezada por el Senado de la República o el Ejecutivo Federal, en su caso, ha sido objeto de adendas denominadas Actas; la última (número 330) entró en vigor en marzo pasado. En estas Actas se aprecia la negociación política

y técnica para hacer operativo el Tratado frente a problemas tan controversiales como el impacto de la sequía y el sobre concesionamiento que se registra en las cuencas fronterizas.

En el caso de la cuenca del Bravo, México se ha retrasado en el cumplimiento de la cuota de agua asignada. Basta recordar lo sucedido en 2020, cuando se desató un conflicto entre los regantes de Chihuahua y el Gobierno Federal, debido a la apertura de las presas situadas en la cuenca del río Conchos, principal tributario mexicano del Bravo, a efectos de dejar escurrir agua para “pagar” el Ciclo quinquenal 35 (véase Figura 2). Este conflicto reveló la dimensión de una severa sequía extraordinaria y, que a la fecha, sigue latente y amenaza el cierre del Ciclo quinquenal 36, en octubre del 2025. La CILA, por su parte, asegura que México ha entregado a los Estados Unidos únicamente 508 Mm³ de 2020 a la fecha, faltando así un caudal de 1,632 Mm³ por entregar. Sin duda, esto podría configurar un elemento para repetir un conflicto como el de 2020, pues el agua para los regantes se almacena en las presas de Chihuahua.

El panorama es análogo en la Cuenca del Colorado. Ambos países han acordado recortar las asignaciones de agua que afectarán al Valle de Mexicali (estimadas en hasta 600 Mm³/a), provocando ajustes en los calendarios de los regantes del Distrito de Riego 014, lo que produce un valle sediento que busca alternativas para el abastecimiento de agua. A manera de compensación, los Estados Unidos han dispuesto la entrega de fondos a México hasta por cerca de \$ 50 MDD, para llevar a cabo acciones de mitigación y conservación del agua en territorio mexicano. Sin embargo, los concesionarios afectados e inconformes por la falta de transparencia en

la entrega de los recursos podrían llevar a cabo movilizaciones sociales, tal como se apreció con el caso de la expulsión de Mexicali de la Cerveza estadounidense Constellation Brands en el año de 2020.

Por lo anterior, México tendría que llevar a cabo una revisión sistemática de algunos elementos previstos en la operación del Tratado Internacional de Aguas de 1944, comenzando por valorar si debe existir un nuevo mecanismo de derechos de agua en el territorio de las cuencas transfronterizas. Al mismo tiempo, se debe modernizar el monitoreo hidrometeorológico como evidencia para la toma de decisiones en el seno de los Consejos de Cuenca, que son los organismos que deciden el conjunto de medidas para hacer frente a las sequías extraordinarias. Esto podría asegurar el cumplimiento de las asignaciones con los Estados Unidos, mientras que en Colorado es necesario transparentar y fiscalizar que las donaciones estadounidenses a México se apliquen siempre en un sentido de justicia social y ambiental.

Asimismo, se tiene que revisar con detalle los beneficios que ha tenido la tecnificación de los Distritos de Riego situados en ambas cuencas, pues son los mayores concesionarios de las aguas transfronterizas. Mientras que en el caso del Río Tijuana, México debe reforzar su política de tratamiento de aguas residuales y asegurar que cumple con las normas oficiales, ambientales binacionales y evitar el menor daño al Estuario del Río Tijuana en California, que en fechas pasadas, ha sido objeto de reclamos por parte del vecino país.

Ciertamente, la frontera norte tiene más de 3,200 km de longitud, con un clima desértico y semiárido que aunado a los efectos negativos



Figura 2. Ribera del río Bravo en Ciudad Acuña, Coahuila. Al fondo, Eagle Pass, Texas. Imagen tomada por Gonzalo Hatch Kuri en noviembre de 2017.

de las sequías extraordinarias y el cambio climático, genera una presión mayor en el bombeo del agua subterránea localizada en las ciudades fronterizas y los Distritos de Riego. En estudios previos (Hatch, 2018 y Hatch-Kuri y Abud Russell, 2024), demostramos que el principal concesionario de agua subterránea en un buffer de 100 km de la línea fronteriza hacia dentro del territorio nacional, es el riego 56 % concesionado a los agricultores, seguido de las ciudades con un 24 % y la industria 11 %. Por lo anterior, es necesario continuar produciendo evidencias que le permitan a México poseer esquemas de gestión encaminados a formular un Tratado General de

Aguas Subterráneas Transfronterizas o de Acuíferos Transfronterizos México-Estados Unidos, justo, responsable y equitativo.

Si bien los conflictos son una muestra de las enormes desigualdades que privan en el acceso al agua en México, una democracia simulada en la toma de decisión en el sector hídrico, una sub regulación del agua subterránea y las áreas de oportunidad del Tratado de aguas de 1944 comentadas, son pendientes que el Estado tendría que considerar en la formulación de una nueva política pública del agua y la formulación de una Ley General de Aguas para garantizar el Derecho Humano al Agua y al Saneamiento.

Referencias

- Carmona, C., Carrillo-Rivera, J., Hatch-Kuri, G., Huizar, R. & Ortega, M. (2017) Ley de Agua Subterránea: una propuesta, Edit. UNAM, Instituto de Geografía. ISBN 978-607-02-8997-2, págs. 88. Disponible en línea: <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/book/102>
- Hatch-Kuri, G. (2018) "A joint management of transboundary aquifers: from asymmetries to environmental protection" en Revista Frontera Norte, Vol. 30, No. 59, El Colegio de la Frontera Norte. Doi: <http://dx.doi.org/10.17428/rfn.v30i59.1130>
- Hatch-Kuri, G. y Abud, Y. (2023). "Chapter 10. U.S.-Mexico Border Groundwater Environmental Conservation: Mexico's public policy analysis 1948-2022" en Ribeiro, W.C., Da Silva, L.P & Espíndola, I. (Coord) (2023). New perspectives on Transboundary Water Governance: Interdisciplinary Approaches and Global Case Studies, Edit. Routledge-Earthscan Studies in Water Resources Management, E-Book ISBN: 9781003333678. Disponible en: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781003333678-12/mexico-border-groundwater-environmental-conservation-gonzalo-hatch-kuri-yussef-ricardo-abud-russell>
- Hatch-Kuri, G., Carrillo-Rivera, J., y Huizar, R. (2019) "Evaluación crítica del Acuífero Transfronterizo Río San Pedro" en Regions & Cohesion, Volume 9, Issue 1, Spring, 2019, pp. 61-85. Doi: <http://dx.doi.org/10.3167/reco.2019.090106>.
- Rojas-Rueda, A., Carbajal, J. y Hatch-Kuri, G., (2024) "Consejos de cuenca: alcances y limitaciones de diseño para la gobernanza democrática del sector hídrico" en Revista Tecnologías y Ciencias del Agua, IMTA ISSN: 2007-2422 [en prensa]. DOI: <https://doi.org/10.24850/j-ty-ca-16-3-4>
- Schmidt, S., Hatch-Kuri, G. y Rivera-Carrillo, J.J. (2023) Agua Subterránea. Visibilizando lo invisible. Xalapa: Edit. El Colegio de Veracruz. ISBN: 978-607-8040-31-5, págs. 160.
- Talledos, E., Álvarez, B., Hatch-Kuri, G., Rodríguez, A., Velázquez, J., (2020) Informe Agua. Captura política, grandes concentraciones y control de agua en México. Ciudad de México Facultad de Filosofía y Letras, UNAM- OXFAM México. ISBN: 978-607-30-3580-4, págs. 104. Disponible en: http://ru.atheneadigital.filos.unam.mx/jspui/handle/FFYL_UNAM/2533
-
- Dr. Gonzalo Hatch Kuri.** Doctor en Geografía (UNAM). Obtuvo dos posdoctorados, el primero, en Estudios Estratégicos de América del Norte (CISAN, UNAM) y, el segundo, en Gestión Integrada de Cuencas (CONACYT-UAQ). Especialista en el análisis de los conflictos, la política pública y la gobernanza del agua. Autor de más de 60 trabajos de investigación y divulgación; desde 2016, miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores, Nivel I. Se desempeña como Profesor Asociado en la Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra (EN-CiT), UNAM. Tutor en el Posgrado en Geografía, UNAM, Posgrado IMTA y en la Maestría en Gestión Integrada de Cuencas (FCN-UAQ). Email: ghatch@encit.unam.mx

#

¡CiΣntástico!



NO TE
PIERDAS
NINGÚN
AVANCE!



@paciencia_patodos



@paciencia_patodos



@paciencia_patodos



PaCiencia Pa'Todos

Únete a nuestra comunidad científica en nuestras redes sociales y sé parte de descubrimientos fascinantes! Síguenos para estar al tanto de las últimas noticias, eventos y contenido exclusivo.



Cuidando el agua del futuro:

El trabajo en la planta de tratamiento de aguas residuales de **FES Acatlán** bajo la mirada del **Dr. Omar Reyes**

Francisca Alicia Rodríguez Pérez

En la Facultad de Estudios Superiores Acatlán de la UNAM, un lugar clave para la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente, se encuentra la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Bajo la dirección del Dr. Omar Reyes Martínez, esta planta no solo limpia el agua utilizada en el campus, sino que también se destaca como un centro de innovación tecnológica y compromiso con la gestión responsable de los recursos naturales.

El **Dr. Omar Reyes**, ingeniero químico egresado del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec (TESE) y maestro y doctor en tecnología avanzada por el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA), es el especialista a cargo de la PTAR. Con una sólida formación académica y una vasta experiencia en el tratamiento de aguas residuales, el Dr. Reyes se dedica a diseñar y construir reactores prototipo para estudiar el impacto del pH en sistemas biológicos y a revitalizar la PTAR mediante innovadoras estrategias de tratamiento.

La presente entrevista con el Dr. Reyes revela cómo la ciencia y la tecnología se combinan en la PTAR de FES Acatlán para transformar los residuos en recursos valiosos, demostrando que la innovación y la responsabilidad ambiental pueden ir de la mano. Así que esperamos sea de tu interés conocer más sobre este tema.

1. ¿Qué es una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR)?

Una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) es una instalación que alberga diversas operaciones unitarias o etapas destinadas a limpiar el agua residual. El término "agua residual" se refiere al agua que ha sido utilizada



previamente, como el agua potable que ha pasado por un proceso específico. En el caso de la Facultad, el agua se convierte en residual al ser utilizada en los sanitarios, mezclados con residuos sólidos y líquidos. La función principal de una PTAR es eliminar los contaminantes presentes en esta agua, como la materia o la carga orgánica, que impiden su reutilización segura. Solo después de un tratamiento adecuado, el agua residual puede ser utilizada nuevamente en otros procesos, permitiendo un segundo o incluso tercer uso.

2. ¿Qué lo llevó a trabajar en el área de tratamiento de aguas y ser responsable de la PTAR de FES Acatlán?

Es una pregunta un poco compleja porque, técnicamente, no soy el responsable oficial. En la universidad, mi posición es la de un técnico académico asignado al área de tratamiento de

aguas residuales, que depende tanto del departamento de tecnología ambiental como del departamento de superintendencia de obras. Mi función es operar la planta, me encargo de su mantenimiento y aseguré que todo funcione correctamente. En ese sentido, respondo por el funcionamiento del proceso.

¿Qué me llevó a Acatlán? En un momento se abrió la oportunidad de participar en un concurso, y, al igual que otras personas, decidí participar. Afortunadamente, fui elegido. Inicialmente, mi intención era comenzar un proyecto desde cero, desarrollando desde los procesos básicos hasta el diseño de la planta. Sin embargo, cuando llegué a la FES Acatlán, me encontré con que la planta ya estaba construida y operando. En ese entonces, la planta estaba bajo la gestión de UNAM obras, pero fue transferida a la FES Acatlán, que necesitaba a alguien para continuar con su operación.

Me asignaron la planta y me explicaron el funcionamiento, aunque en ese momento solo la mitad estaba en operación. A partir de 2015, empecé a operar, enfrentándome a una serie de retos, como familiarizarse con su estructura, establecer los procesos adecuados, comprender el funcionamiento y conocer los diferentes tipos y condiciones de los equipos. A pesar de los desafíos iniciales, cada día sigo aprendiendo. Aunque ahora tengo más dominio sobre la operación de la planta, siempre hay algo nuevo por descubrir.

3. ¿Cuáles son los retos a los que se ha enfrentado para mejorar la PTAR de FES Acatlán?

Antes de responder, quiero mencionar que cuando se diseñó y construyó la planta de trata-

miento, el objetivo no era solo limpiar el agua residual. Se invirtió mucho en la tecnología, y en 2014 o 2015 era una de las pocas plantas en México con un sistema híbrido, es decir, con un reactor anaerobio combinado con un aerobio. Esta innovación se implementó para que la planta sirviera como un semillero de investigación, proporcionando un espacio adecuado para albergar a estudiantes de servicio social, maestría y doctorado. Aunque es una planta pequeña en términos de espacio, es muy completa en cuanto a equipo e instalaciones. Además, fue diseñada exclusivamente para tratar las descargas provenientes de FES Acatlán.

Uno de los principales retos ha sido decidir qué hacer cuando no hay alumnos en el campus. Sin alumnos, no hay descargas, y sin descargas, no hay alimento para el material biológico de la planta. Esto se convirtió en un problema durante la pandemia, ya que mi trabajo es 100 % operar la planta. El reactor anaerobio logró sobrevivir, pero el reactor aerobio colapsó por completo. En ese momento, tuve que enfrentar el desafío de reactivar la planta en el menor tiempo posible para que siguiera funcionando según su propósito. Otro reto importante es manejar la operación de la planta cuando hay lluvias. Aunque podría parecer que tener más agua sería beneficioso, el problema es que el alimento para el material biológico es la materia orgánica. En otras palabras, “la comida de los microorganismos es la suciedad del agua” y el agua de lluvia no contiene esta carga orgánica necesaria.

También durante periodos de vacaciones, como julio, diciembre, Semana Santa o en “paños académicos”, es esencial saber cómo mantener la planta estable para que siga operando eficientemente. Todos estos desafíos los he te-

nido que resolver poco a poco. A menudo me tocó ir a la planta los sábados, domingos, vacaciones, y días festivos, incluso quedándome 24 horas seguidas para hacer pruebas y entender el comportamiento de la planta. La finalidad siempre ha sido asegurar su funcionamiento adecuado ante cualquier situación.

Operar la planta desde la pandemia hasta ahora ha sido el reto más importante al que me he enfrentado. Aunque el tiempo de recuperación inicial fue corto, la planta sigue en un proceso de recuperación, especialmente porque las actividades de la FES Acatlán han sido intermitentes. A pesar de estos desafíos, parece que hemos logrado mantener la operación de manera adecuada, aunque no sin altibajos. En ocasiones, me he tardado un poco más en resolver algunos problemas, pero ahí es donde entra la gran ventaja del sistema híbrido de la planta. El primer reactor, que es anaerobio, realiza la mayor parte del trabajo eficientemente, lo que permite que el segundo reactor, el aerobio, solo tenga que complementar el proceso. Esto fue particularmente útil cuando el segundo reactor falló, ya que el primero pudo compensar la carga y asegurar que la planta continuará funcionando.

4. ¿Cómo ha cambiado la calidad del agua en estos últimos años y cuáles son los parámetros que consideran?

Desde que llegué a la planta, me he dedicado a investigar y cumplir con los parámetros establecidos en la Norma Oficial Mexicana de Aguas Residuales, la NOM-003-SEMARNAT-1997. Esta norma especifica las características que debe tener el agua residual para su uso o reutilización, incluyendo la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos totales (SST), coliformes fecales, coliformes totales, grasas y



aceites, y huevos de helminto. Dado que el agua residual de la planta proviene exclusivamente de la Facultad, no contiene grasas, aceites ni helmintos, como se ha confirmado mediante pruebas. Cuando se detectan coliformes, se añade un poco más de cloro para eliminarlos. Por lo tanto, nos centramos en mantener la calidad del agua en dos parámetros: la demanda bioquímica de oxígeno y los sólidos suspendidos totales. La planta cuenta con un sistema de filtros que requieren mantenimiento regular mediante el retrolavado para reducir los niveles de sólidos. Además, con un buen control del tren de tratamiento, es posible mantener la DBO por debajo de los valores establecidos por la norma.

Sin embargo, el proceso de tratamiento implica monitorear otros parámetros importantes, como el pH, la temperatura, los sólidos suspendidos volátiles del lodo, el oxígeno disuelto,

los sólidos sedimentables, la carga orgánica, la demanda química de oxígeno (DQO), y muchos otros. Cada etapa del tratamiento requiere atención a ciertos parámetros, ya que proporcionan información crucial sobre el estado del proceso. Las pruebas se realizan de forma rutinaria, todos los días. Aunque no te conviertes en experto de la noche a la mañana, con el tiempo desarrollas una habilidad intuitiva: simplemente observando cómo sale el agua, ya puedo identificar si hay un problema en el reactor y sé cómo resolverlo, algo que al principio requería una investigación más exhaustiva.

5. ¿Cuáles han sido los beneficios de contar con una planta de tratamiento de agua para FES Acatlán y a la comunidad de Naucalpan?

La planta de tratamiento de agua fue diseñada específicamente para regar las áreas verdes de la zona deportiva de la Facultad, que incluye el estadio de fútbol, la cancha alterna, la cancha de béisbol y las dos canchas de entrenamiento de fútbol americano. Antes de la instalación de la planta, estas áreas se regaban con agua potable, lo que conllevaba un alto consumo de agua. Con la planta en funcionamiento, se ha eliminado el uso de agua potable para el riego, utilizando en su lugar el agua tratada.

El dato más significativo que tengo es de 2019, antes de la pandemia, cuando se utilizaron más de 5,000,000 de litros de agua tratada para el riego de la zona deportiva. Más allá de los 5,000,000 de litros de agua residual tratada, lo que realmente se destaca es que se salvaron 5,000,000 de litros de agua potable, que pudieron haberse destinado a otros usos. Por lo tanto,

veo este ahorro desde la perspectiva de la conservación del agua potable. Además, al utilizar agua tratada, la FES Acatlán contribuye a ser una “Universidad Verde” al reducir la cantidad de contaminantes que llegan al drenaje municipal. Aunque el agua tratada se mezcla con el agua municipal y existe cierta contaminación cruzada, la Facultad está cumpliendo con la reducción de suciedad en sus descargas, beneficiando así a la comunidad de Naucalpan y al medio ambiente en general.

6. ¿Qué tipo de procesos de tratamientos de agua utiliza la planta, qué contaminantes elimina y qué hacen con el agua tratada?

El proceso de tratamiento en cualquier planta de tratamiento de aguas residuales sigue un esquema básico: pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario. Voy a explicar brevemente cada etapa. El pretratamiento se encarga de eliminar los sólidos de gran tamaño. En la planta de tratamiento de FES Acatlán, el sistema está completo, pero mi trabajo incluye la parte menos agradable: la limpieza de la reja de sólidos gruesos, que a menudo contienen heces fecales no degradadas. Aunque no es una tarea grata, es parte de mi trabajo y uno se acostumbra a estas actividades inherentes a la operación de la planta.

El proceso de tratamiento en la planta se basa en dos sistemas biológicos: un sistema anaerobio tipo UASB (reactor de flujo ascendente) y un sistema aerobio de lodos activados. El sistema de lodos activados es ampliamente utilizado en México, ya que más del 80 % de las plantas lo implementan debido a su alta eficien-



cia, que puede alcanzar hasta un 96 % en la eliminación de contaminantes del agua. La combinación de ambos sistemas en nuestra planta ha permitido mantener un buen funcionamiento.

Durante el pretratamiento, se eliminan componentes sólidos como hojarasca, plástico PET, colillas de cigarro, tapas de refresco y piedras, entre otros. Estos elementos quedan atrapados en una trampa de sólidos gruesos. Para las pequeñas partículas que logran pasar, se utiliza una criba de sólidos finos, que previene su entrada en las etapas posteriores del proceso. La norma establece que la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) no debe superar los 20 mg por litro, lo que indica el nivel máximo de materia orgánica permitida. El objetivo es cumplir con estos parámetros para asegurar un tratamiento adecuado del agua.

Este es un resumen del proceso; podría extenderme mucho más, pero creo que esto cubre lo esencial.

7. ¿A qué peligros nos enfrentamos al no tratar el agua residual?

Esa pregunta no es nueva para mí. Con el creciente interés en la gestión del agua y la reciente escasez en los meses de febrero y marzo, muchas personas se han acercado para preguntarme qué sucederá si no tratamos el agua residual. Existen dos grandes problemas en este escenario: Primero, si seguimos utilizando agua potable para todas las actividades, podríamos enfrentar una crisis mucho más grave que la actual. Segundo, no tratar el agua residual puede provocar una contaminación cruzada. Si el agua no tratada se vierte en un canal o río, y luego esa agua contaminada se mezcla con agua potable en un estanque, la calidad del agua potable se verá comprometida, y eso generará mayores problemas con el suministro de agua limpia. Por lo tanto, siempre he enfatizado que mientras más agua tratemos, mejor preservamos la calidad y la disponibilidad de nuestros recursos hídricos.

8. ¿Cómo visualiza la calidad del agua potable en los siguientes años?

La calidad del agua potable dependerá en gran medida del mantenimiento adecuado de las infraestructuras, como tuberías y ductos. Si no se realiza un mantenimiento correcto, enfrentamos serios problemas, como la contaminación cruzada. Aunque espero que esto no ocurra, es casi seguro que el próximo gran desarrollo en la industria privada será la venta de filtros para el hogar. En el pasado, mi madre solía cocinar

con agua del grifo sin ningún tratamiento adicional. Hoy en día, se utilizan desinfectantes y otros químicos para asegurar su potabilidad. Si no se proporciona el mantenimiento adecuado, es probable que enfrentemos problemas significativos no solo en los hogares, sino también en las instituciones.

9. Usted considera que para lograr tener una “Universidad Verde” ¿todas las Facultades de la UNAM deberían implementar algo similar a lo de FES Acatlán?

Sí, considero que todas las universidades del país deberían contar con una planta de tratamiento de aguas residuales. Aunque a menudo se percibe como un gasto debido a la falta de retorno de inversión a corto plazo, hoy en día existen opciones como plantas de tratamiento en paquetes o de tamaño reducido que se pueden instalar en edificios individuales. Idealmente, todas las Facultades de la UNAM deberían tener una planta de tratamiento, aunque no pueda procesar el 100 % de sus descargas. Incluso tratar o reutilizar el 30% de las aguas residuales sería un gran avance.

En FES Acatlán, contamos con una planta de tratamiento y creo que hay otras Facultades que también se benefician enormemente de contar con una. He recibido visitas de personal de FES Aragón y Cuautitlán interesados en conocer nuestra planta, y con gusto les he mostrado nuestras instalaciones. Además, he ofrecido apoyo a otras instituciones interesadas en establecer sus propias plantas de tratamiento, no porque trabaje para ellas, sino porque todos debemos contribuir a mejorar el tratamiento del agua.

En resumen, todas las Facultades e instituciones, tanto públicas como privadas, deberían considerar la instalación de una planta de tratamiento de aguas, ya sea pequeña, mediana o grande, según sus necesidades y capacidades.

10. ¿Por qué no se ha dado mucha importancia el tratamiento de agua en México como en otros países?

El costo de implementar una planta de tratamiento de aguas, en comparación con el retorno de inversión, puede parecer desalentador debido al subsidio significativo que se aplica al agua. En muchos lugares, el precio del agua no refleja su verdadero valor, lo que hace que pagar cuotas resulte más atractivo que hacer una inversión inicial considerable, especialmente cuando el retorno no es inmediato.

Una anécdota relevante es la visita de una delegación importante de Suiza a las instalaciones de nuestra planta de tratamiento en FES Acatlán. Ellos estaban tan impresionados con nuestra planta que consideraron la idea de instalar una planta similar en cada localidad de Suiza. Aunque su propuesta es admirable y refleja una alta conciencia hídrica, algo que no es común en nuestro contexto, demuestra su compromiso con la gestión del agua.

En contraste, en el sector privado aquí, algunas empresas que cuentan con plantas de tratamiento lo hacen debido a las regulaciones que exigen el control de las descargas de agua al drenaje. Estas empresas suelen invertir en sus plantas para cumplir con las normativas y obtener beneficios adicionales, como premios o incentivos.

La grafía del agua

Daniela Velázquez Ruiz
y Alma Elisa Delgado Coellar

Como es evidente, la interpretación tiene que ver con los sistemas socioculturales y sistemas ambientales, evidentemente la lista de palabras que se presenta en la imagen anterior refiere esquemas de pensamiento:

- Utilitarista-Mercantilista
- Naturalista
- Filosófico
- Socio-político
- Religioso
- Artístico-simbólico
- Informativo

Al respecto, las representaciones gráficas responden a ello. A continuación, se muestran a modo de collage imágenes (Figura 2) encontradas en diversos soportes gráficos a fin de ejemplificar dichas concepciones y usos.

Las Artes, el Diseño, como disciplinas de representación juegan en lienzos, sustratos y monitores con diversos recursos para la muestra gráfica del agua como elemento conceptual, la gama de colores también es variada, los azules, verdes e inclusive rosados y lilas (Figura 3), se convierten en conectores con el discurso del agua y el propósito que persigue, por ejemplo; temáticas sobre agua contaminada, aguas celestes por el color de los corales en el sur del país o bien, el tinte rosado de la laguna La Salina en costas Oaxaqueñas, un sistema de identificación del color casi infinita para diversos propósitos en la comunicación visual.



Figura 3. Gama de colores. Elaboración Propia. 2024



Figura 2. Collage con imágenes sobre el agua. Elaboración Propia. 2024

Lo mismo sucede con las tipografías (Figura 4), su uso depende del mensaje que se aborde en una conceptualización del agua, el diseño podría jugar con fuentes a mano alzada, algunas con patines y diversos elementos decorativos para su muestra.



Figura 4. Tipografías.
Elaboración Propia basada en [www. dafont.com](http://www.dafont.com) (2024).

En conclusión, podemos observar como el agua como elemento esencial para la vida, ha sido objeto de innumerables representaciones gráficas, la evolución de sus manifestaciones visuales ofrece una perspectiva sobre su impacto en el imaginario social, sus formas, estilos, simbolismos no sólo capturan su importancia física, sino de profunda resonancia identitaria.

El agua como símbolo es utilizado en logotipos, campañas publicitarias, fotografía, editorial y muchos otros; su evocación nos refiere a pureza, frescura, sostenibilidad, vida, pero también a desastre, escasez y contaminación, matices críticos de las dinámicas sociales, dicho ello los diseñadores tenemos la responsabilidad de hacer evidente la importancia de su conservación y uso sostenible a través de infografías, ilustraciones, interfaces; podemos evocar la belleza natural y explorar sus connotaciones emocionales, filosóficas, socio-políticas y culturales. El agua seguirá siendo una fuente inagotable de inspiración y significado en el diseño gráfico, se convierte en un medio para educar y sensibilizar

a la sociedad y para influir en el pensamiento y en el comportamiento público; al utilizar este recurso vital como un elemento central en nuestras creaciones, contribuimos a mantener su presencia y relevancia en las civilizaciones y vida de nuestro planeta.

Daniela Velázquez Ruiz. Doctora en Diseño. Maestra en Alta Dirección e Inteligencia Estratégica. Licenciada en Diseño Gráfico. Líneas de investigación: Gestión del Diseño, Diseño Estratégico, Economía Naranja, Innovación Social, Ética del Diseño, Democratización del Conocimiento y Gestión Cultural. Miembro del Consejo Consultivo del Seminario Interdisciplinario en Arte y Diseño avalado por la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México. Artista visual. Member IAVA. International Association of Visual Artists. E-mail: danielavelazquezruiz@gmail.com

Alma Elisa Delgado Coellar. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Por su trayectoria ha sido galardonada con el premio de Jóvenes Investigadores TALENTO COMECYT 2022 en la categoría "Arquitectura y Diseño". Actualmente es Profesora de Carrera de Tiempo Completo adscrita al Departamento de Diseño y Comunicación Visual de la FES Cuautitlán, UNAM. Correo electrónico: delgadoelisa@cuautitlan.unam.mx

Crisis hídrica: Concientización en imágenes sobre el cuidado del agua

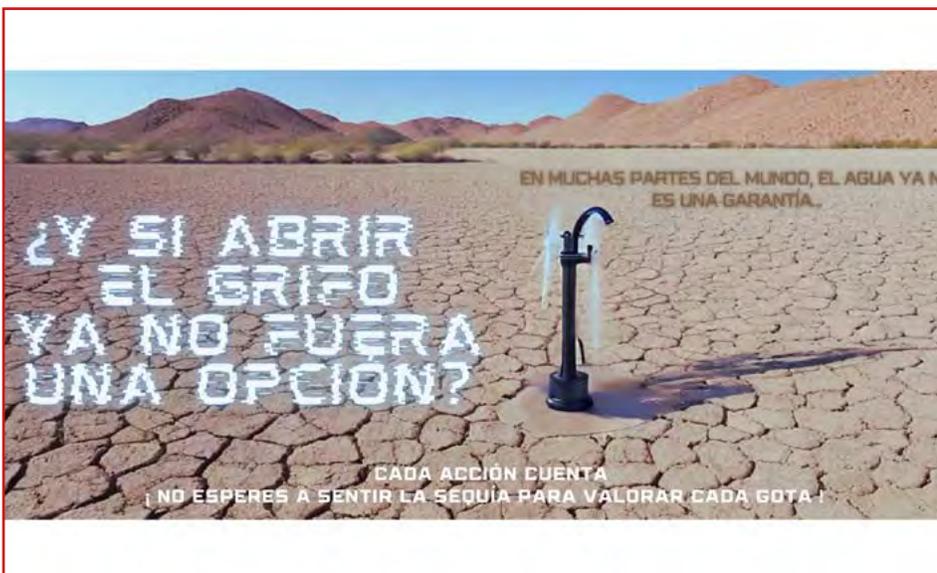
Claudia Arellano Vázquez



Actualmente vivimos una crisis hídrica que se pronosticaba en décadas futuras, la escasez del agua es un tema preocupante, el impacto de la sequía que México tuvo con las olas de calor que se presentaron este año, afecta a todos los seres vivos que necesitamos de este vital líquido. Así como a todas las actividades que requieren agua, desde la vida cotidiana hasta cada uno de los sectores que conforman nuestra sociedad que la necesitan para funcionar. Desafortunadamente no valoramos los recursos naturales, se cree que son infinitos, y se han explotado de forma desmedida y la huella ecológica cada día crece. Es decir que hemos consumido más recursos naturales de los que nos tocan, y a las futuras generaciones ya no les tocará nada. Ejemplo del daño que sufre la naturaleza, el cambio climático que experimentamos a nivel planeta, las estaciones del año se han modificado de tal forma que parece impredecible el clima. Además de las afectaciones a la salud derivado de los climas extremos.

Lo antes mencionado provoca una preocupación por el futuro, aún estamos a tiempo de generar acciones que permitan la concientización en este caso particular sobre el cuidado del agua. Desde el lugar que nos corresponda, de forma individual, y en cada ámbito de desarrollo, debemos sumar acciones para cuidar el agua. Ante esta problemática de la escasez de agua, ninguna profesión puede ser indiferente, por lo que, asumiendo la labor del diseño gráfico como generador de discursos visuales que se inserta de manera activa en los procesos de conformación social, y ante el entorno social que se vive con problemáticas como la crisis hídrica; requiere que los diseñadores asuman su responsabilidad social de generar mensajes que propicien la concientización y las acciones sobre el cuidado del agua.

Respondiendo al compromiso de responsabilidad social, el alumnado de octavo semestre de la licenciatura en diseño gráfico, en la Unidad de Aprendizaje Temas Selectos Multidisciplinarios: Diseño y Diversidad Cultural, de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la UAEMÉX, presenta esta muestra colectiva de imágenes sobre concientización sobre el cuidado del agua ante la crisis hídrica; a partir de conceptualizar diversas estrategias de comunicación visual y técnicas en su elaboración.

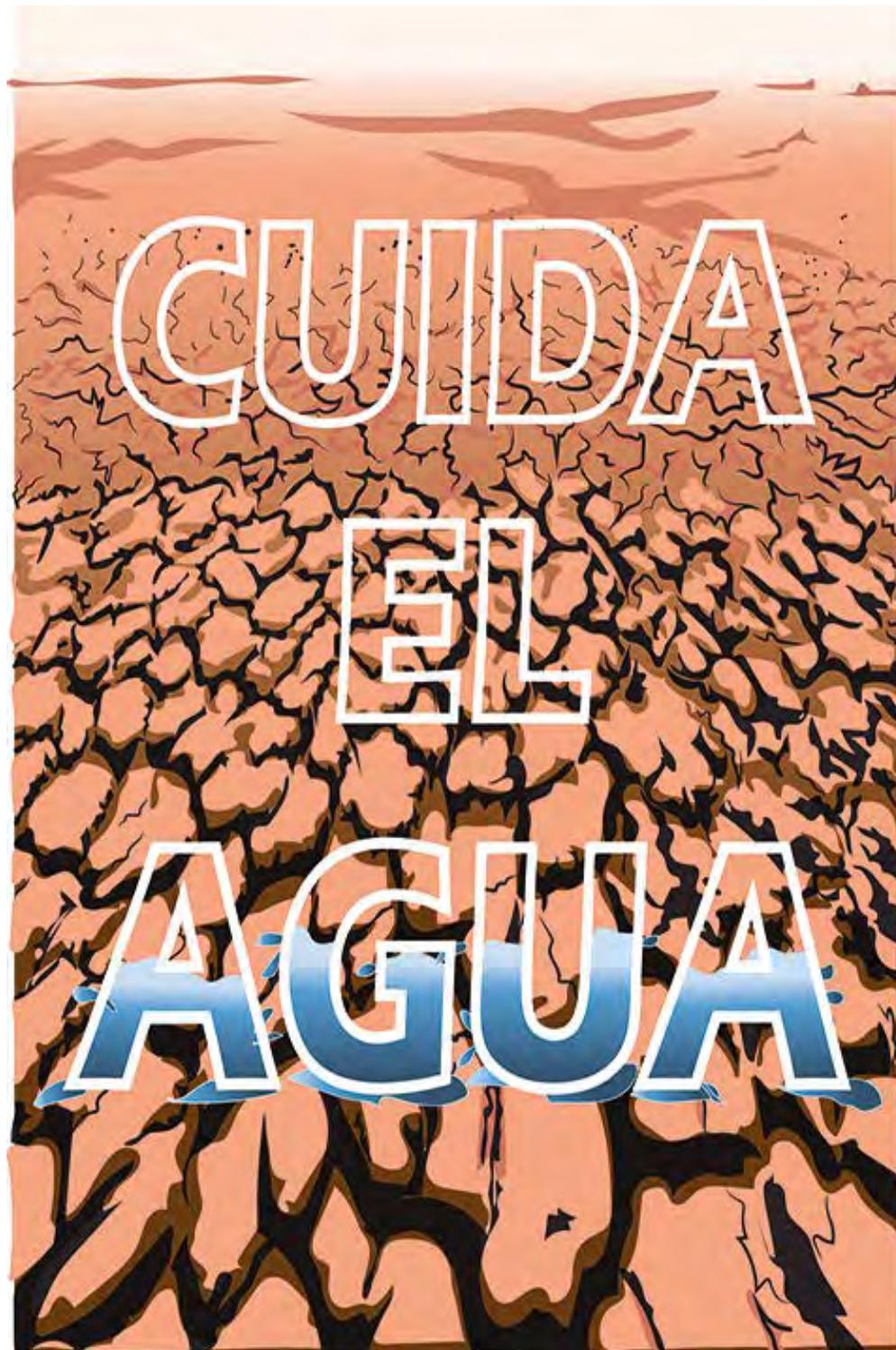


Cassandra Martínez Jaimes
“¿y si abrir el grifo ya no fuera opción?”

Técnica: Ilustración Digital



Alai Robles Sánchez
"El eco del último sorbo"
Técnica: Ilustración digital



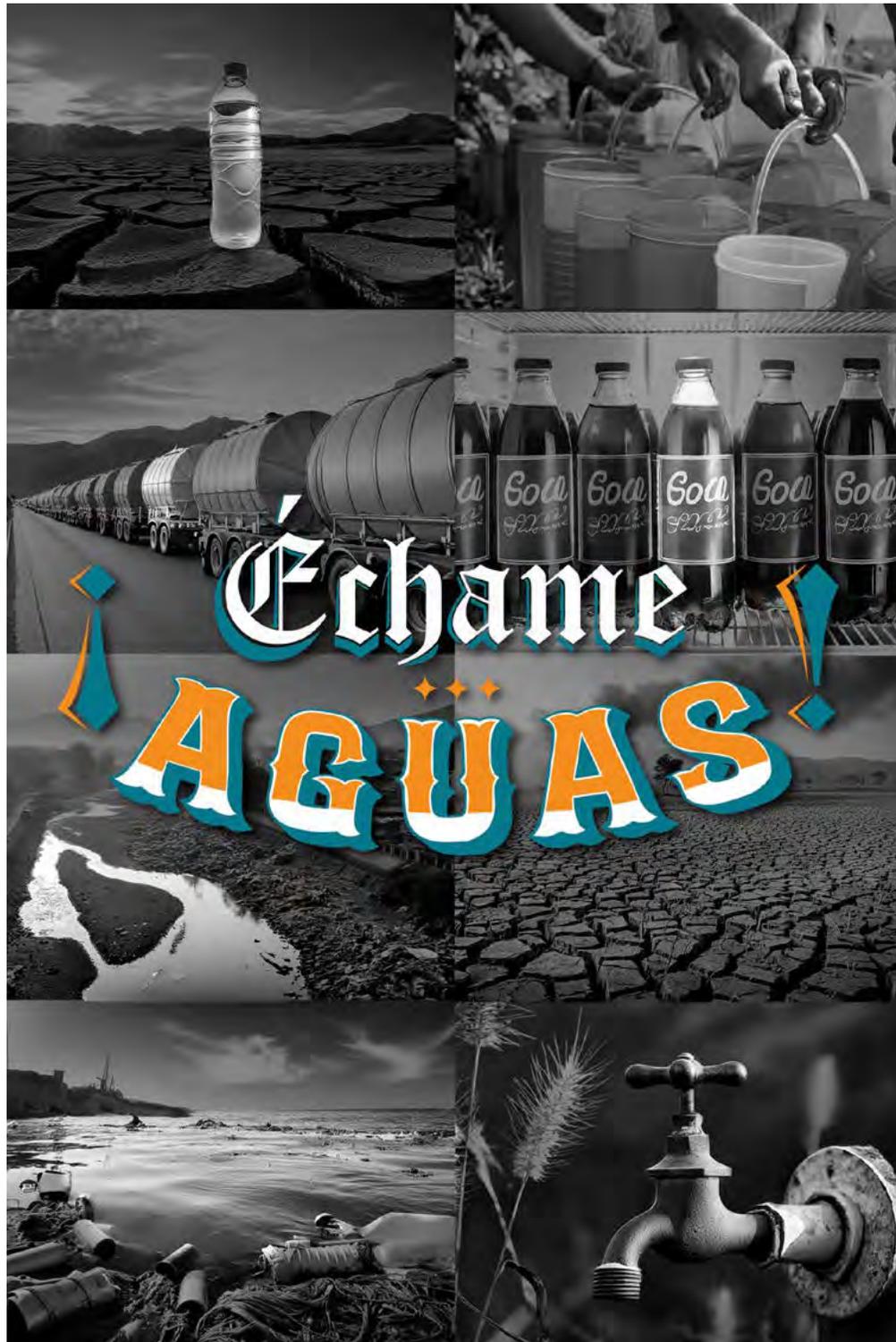
Ana Karen Luja Mondragón
"A tiempo"
Técnica: Ilustración digital



Arantza Naomi Torres Salazar
"Lágrimas de recuerdo"
Técnica: Ilustración digital



Mayra Isarel Guzmán Plata
"Realidad que ahoga"
Técnica: Fotografía mayo



Arath Hernández
"Échame aguas"
Técnica: Collage Digital



Danna Priscila Nieves Martínez
"La fuente compartida"
Técnica: Fotografía e ilustración digital



Devy Mendoza
"Gota a gota se agota"
Técnica: Ilustración digital



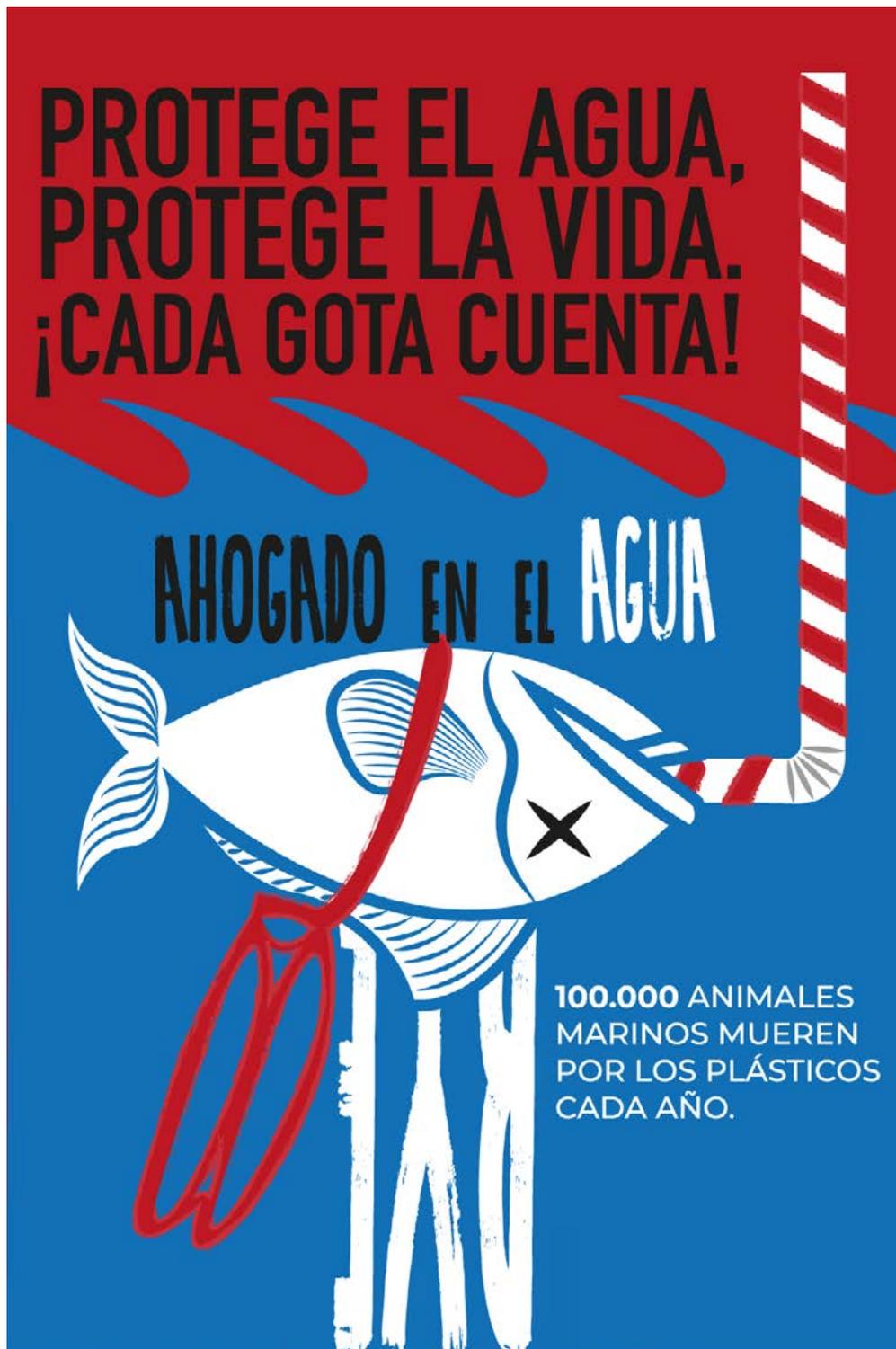
Fernando Trujillo Ortega
"A veces la ignorancia no lleva a la felicidad"
Técnica: Edición digital



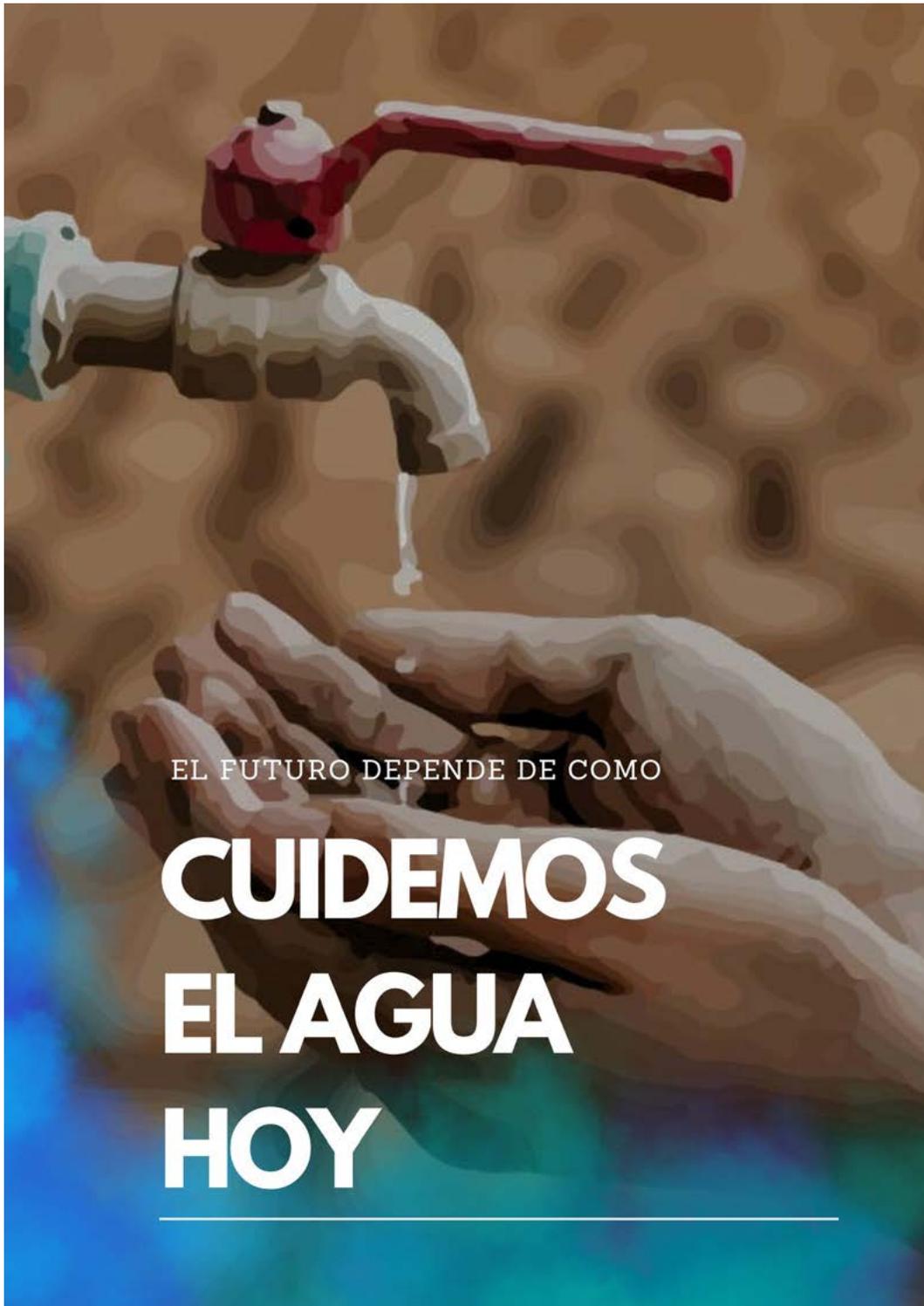
Jaime Flores Lugo
"Derretidos por la Sequía"
Técnica: Edición digital



Jessica González Gómez
"Absorción total"
Técnica: Ilustración digital

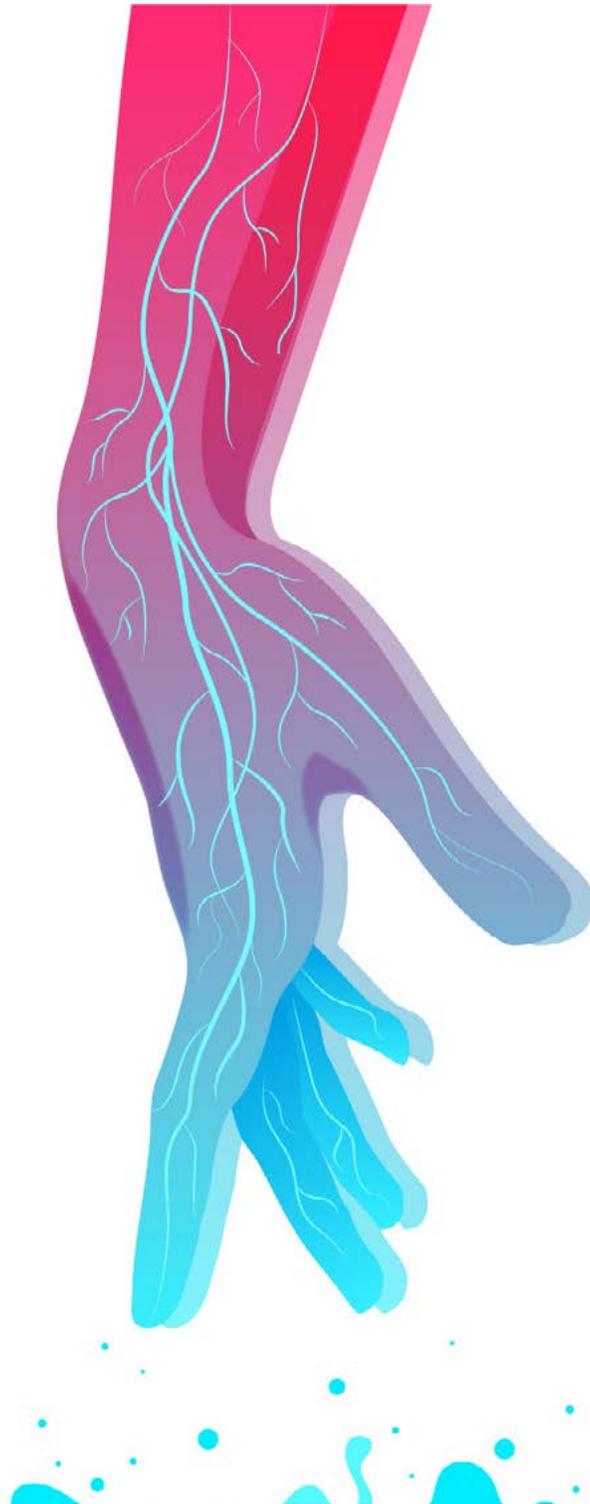


Juan Valle De la fuente
"Ahogado en el agua"
Técnica: Ilustración digital



Lecis Neri Rosique
"El futuro del agua en nuestras manos"
Técnica: Intervención de fotografía con ilustración

AGUA ES VIDA



EL AGUA ES VIDA

Lillian Mocino
"El agua es vida"
Técnica: Ilustración digital



Lizbeth Guzmán
"Repararnos"
Técnica: Collage digital

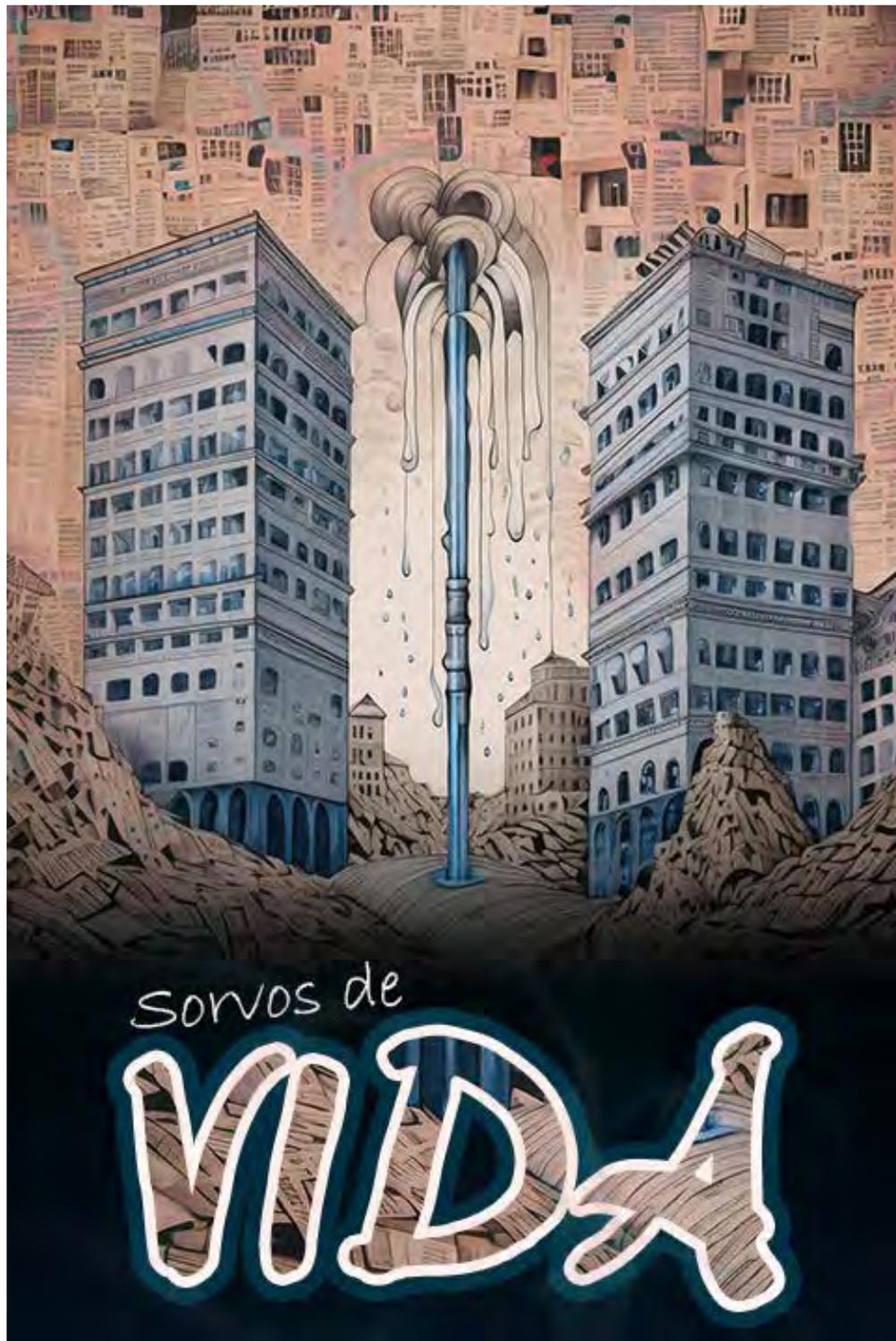


María de Lourdes Cortés Mora
"La crisis a través de la inocencia"
Técnica: Ilustración por Romina 10 años



Cada vez el mundo se
pone más naranja

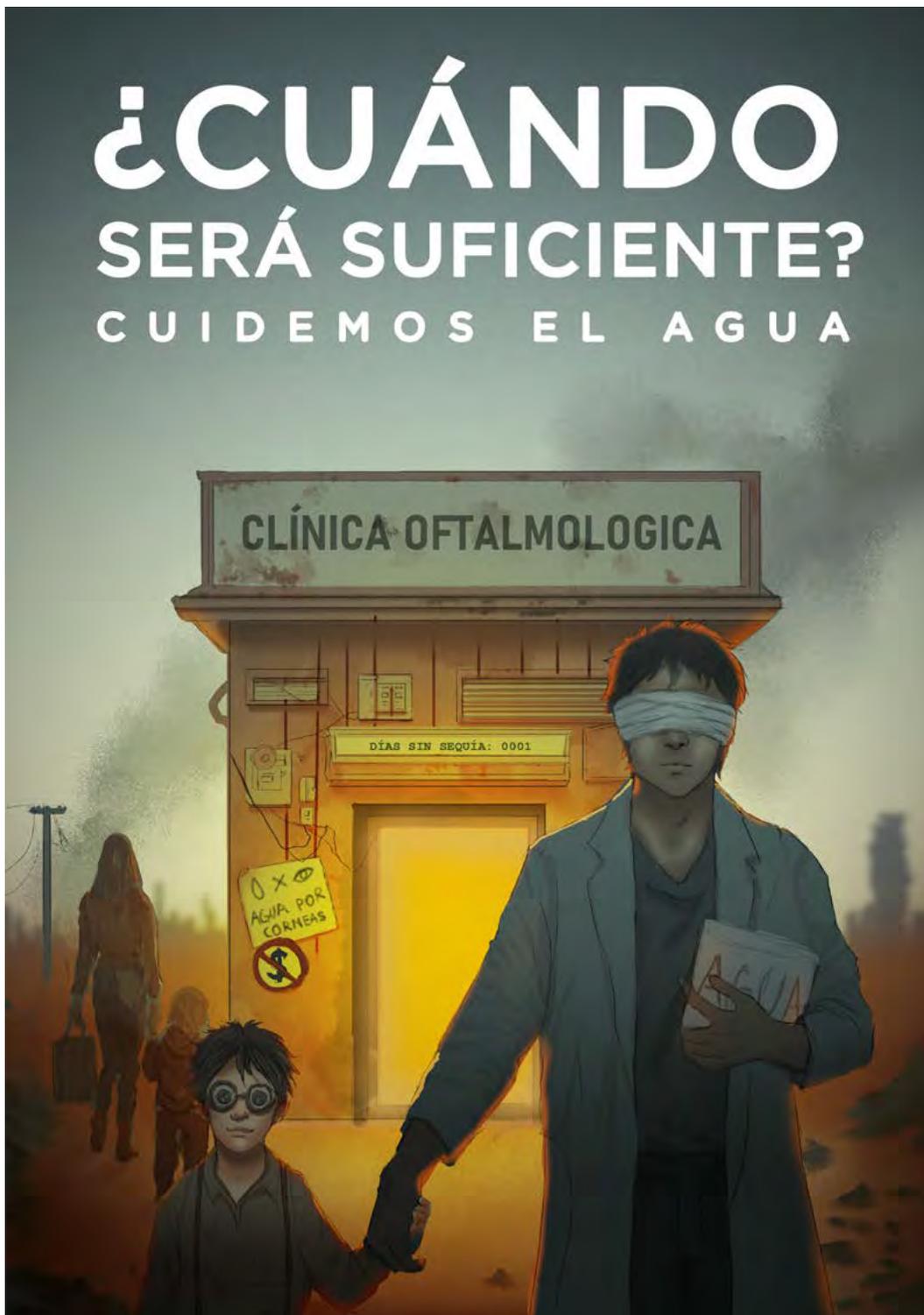
Luigina María Tarango Valdés
"Actúa por el agua"
Técnica: Ilustración digital



Luis Alberto Godina Rosales
"Sorbos de vida"

Técnica: Inteligencia artificial y fotomontaje

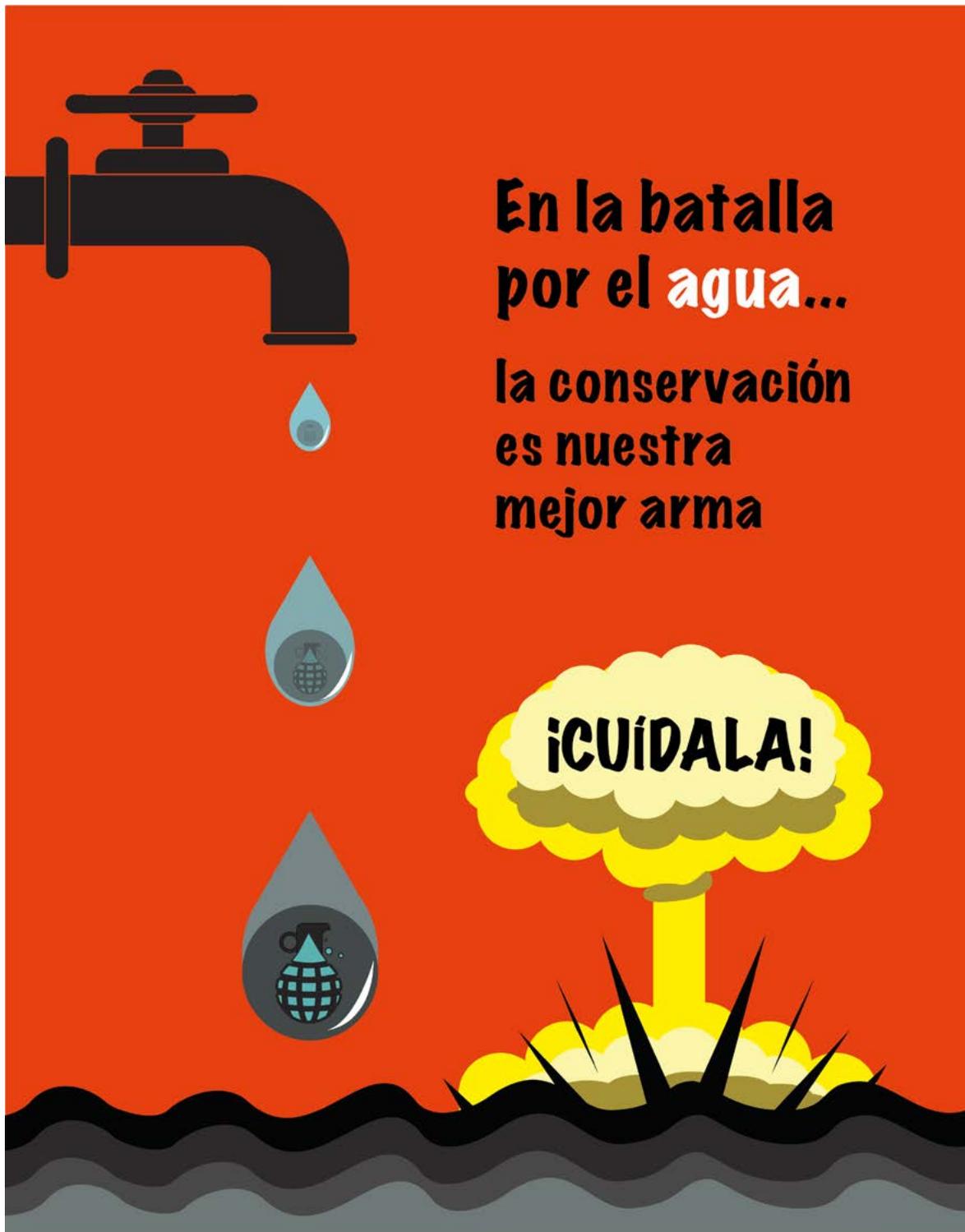
¿CUÁNDO SERÁ SUFICIENTE? CUIDEMOS EL AGUA



María Fernanda Ramírez Chávez

"La nueva moneda"

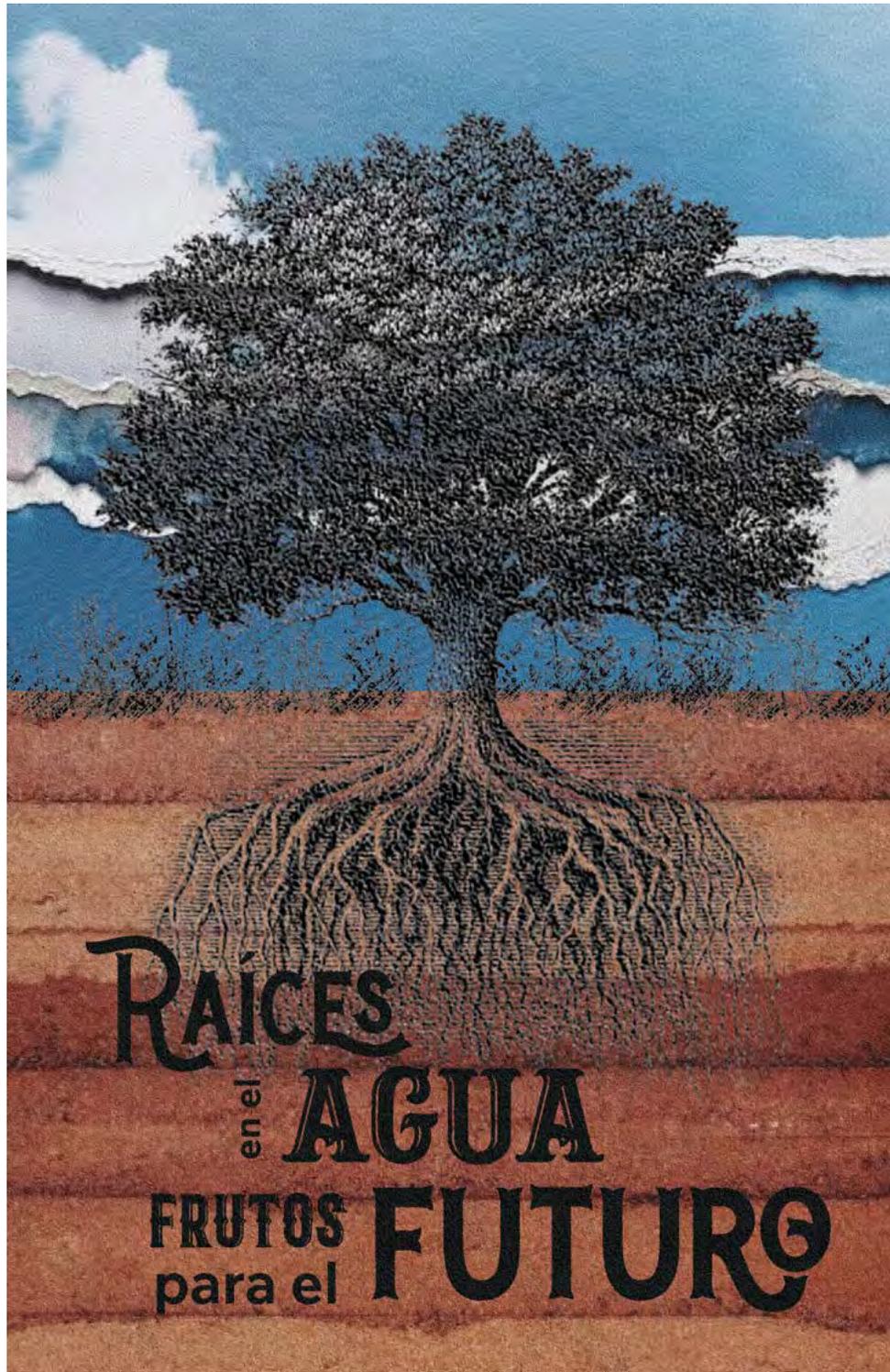
Técnica: Ilustración digital



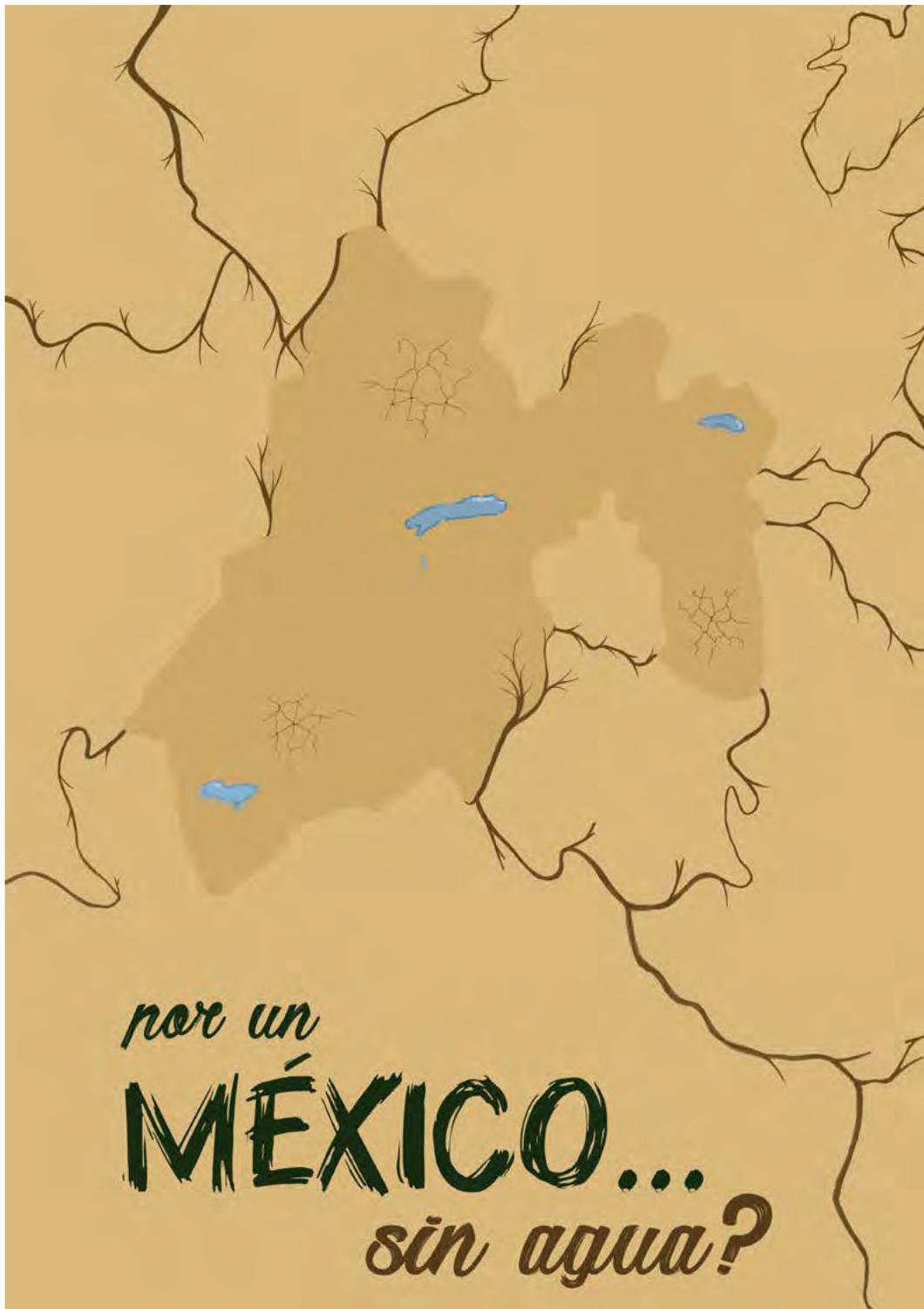
Marco Alberto Martínez Vicencio
"En la batalla por el agua"
Técnica: Ilustración digital



Montserrat Gómez Ojeda
"La última gota"
Técnica: Edición de Fotografía



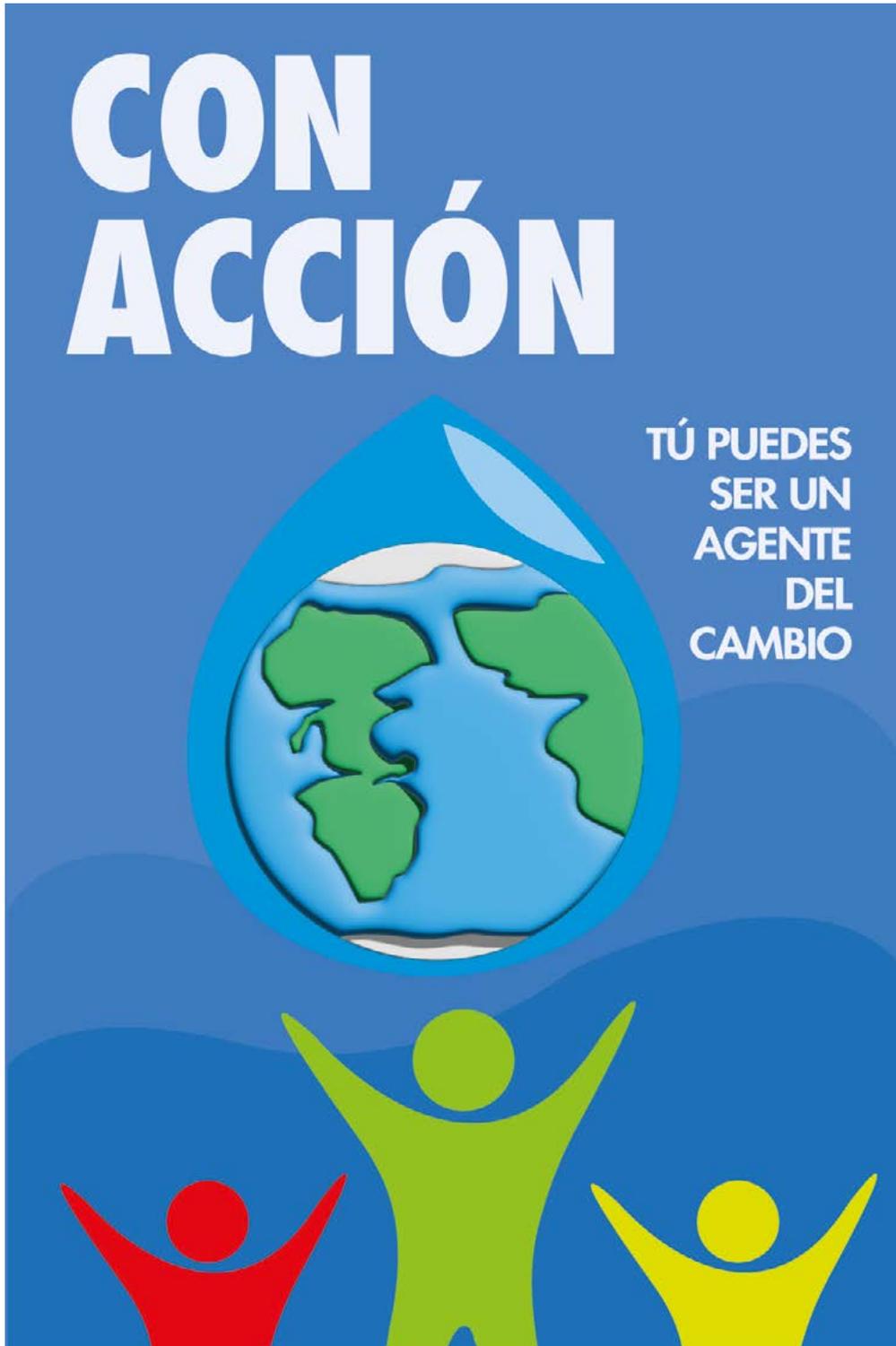
Renata Alejandra Martínez Lechuga
"Raíces en el agua frutos para el futuro"
Técnica: Edición digital



Samantha Robledo Ayala
"Por un México... sin agua?"
Técnica: Ilustración digital

CON ACCIÓN

TÚ PUEDES
SER UN
AGENTE
DEL
CAMBIO



Tania Edith Mendoza Escobar
"Agentes de cambio"
Técnica: Ilustración digital



Reutiliza el agua de la ducha para regar las plantas



Utiliza un vaso al lavarte los dientes



Recolecta el agua de la lluvia



Cierra el grifo mientras te cepillas los dientes o te lavas las manos

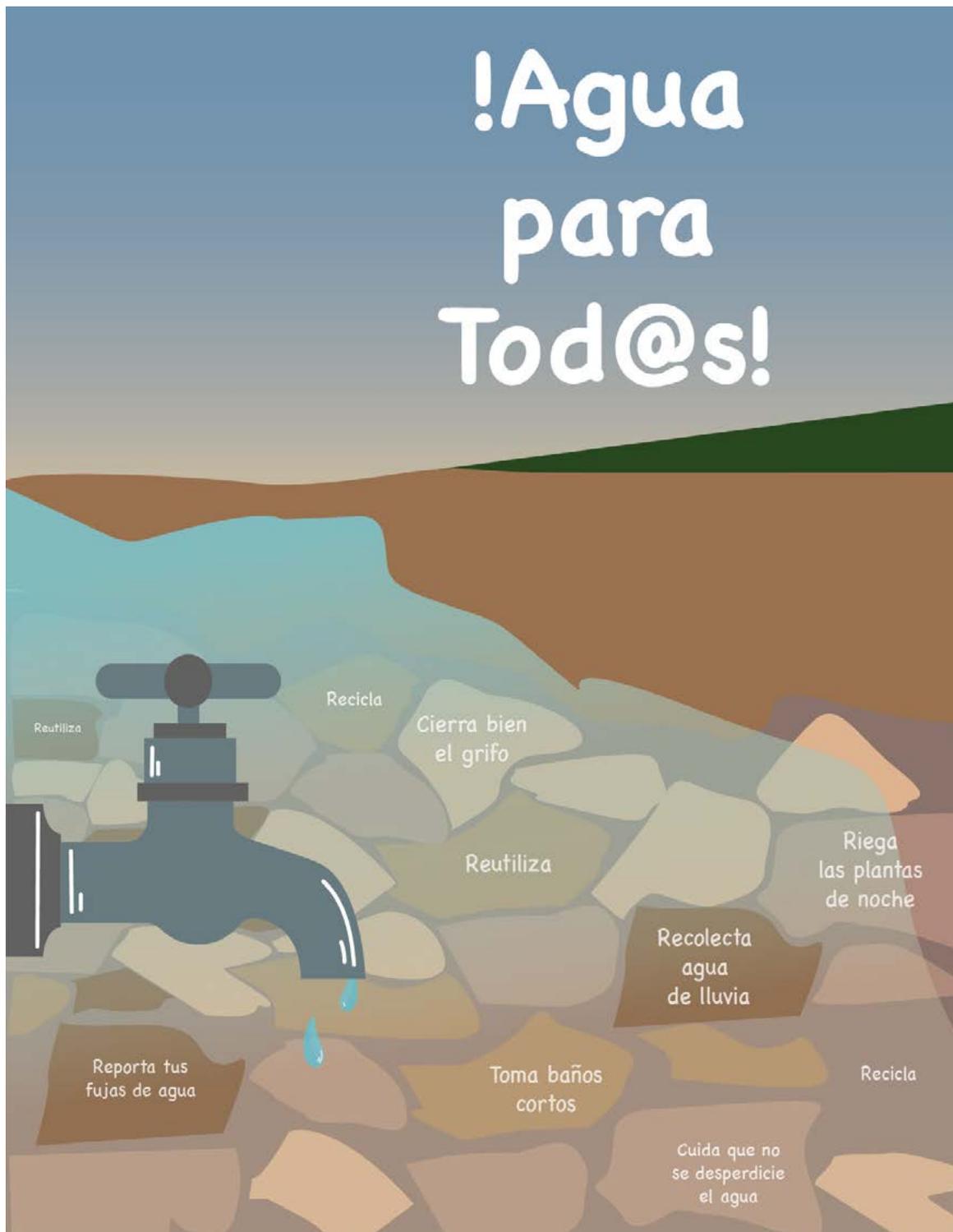


Toma duchas más cortas

en casa

¡ACCIONES!
DE CAMBIO!

Tania Edith Mendoza Escobar
"Agentes de cambio"
Técnica: Ilustración digital



Vianey Yadira Mejia Fonseca
"Agua para Tod@s"
Técnica: Ilustración digital

Un catador, ¿Nace o se hace?

Rosa Hidemi Ortega Armenta



Una experiencia en el Valle de Guadalupe

Baja California, estado fronterizo con Estados Unidos, es reconocido por producir el 70% de vinos en México, siendo la región del Valle de Guadalupe una de las zonas más conocidas (Vázquez *et al.*, 2022). Las vinícolas en la Ruta del Vino de esta región se caracterizan por que ofrecen degustaciones a los turistas.

De acuerdo con la norma mexicana NOM-199-SCFI-2017, el vino es una bebida alcohólica que se obtiene de la fermentación alcohólica únicamente de los mostos de uva fresca (*Vitis vinífera*) con o sin orujo, o de la mezcla de mostos concentrados de uva (*Vitis vinífera*) y agua. Es un líquido complejo, que contiene azúcares, ácidos, taninos, entre otros compuestos, que permiten estimular nuestros sentidos: gusto, vista, olfato, tacto y oído.

Hace algunos años, como parte de una visita escolar, tuvimos la fortuna de ser atendidos en la degustación por el enólogo de una de las vinícolas reconocidas de esta región. Él es una persona culta, originaria de Europa, donde llevó a cabo sus estudios, muy amable y paciente para transmitir sus conocimientos, con un ligero acento italiano que lo hace muy peculiar.

Nos llevó a una barra reservada, donde solo algunos podían ingresar. Él mismo abrió un par de botellas de vino tinto y comenzó a servirla en las copas de cada uno de nosotros. Nos explicó que el proceso de degustación inicia con la vista, sosteniendo la copa frente a la cara e inclinándola 45°. El color se observa, si es transparente o hay turbidez, si existen partículas flotando (Figura 1).



Figura 1. Evaluación visual de vino, haciendo inclinación de 45°, iluminada con lámpara incluida en la mesa.

Después, lo agitó y al acercarlo a su nariz, hizo una fuerte inhalación que terminó con un suspiro de gozo.

- ¿Qué aromas perciben? – Nos preguntó.

Seré muy sincera, yo solo podía describir el aroma como a “vino”, por lo que hice una y otra olfateada, haciendo mi mejor esfuerzo para identificar los diferentes olores que él mencionaba. Al ser Cabernet Sauvignon un vino tinto, nos explicó que se percibían principalmente notas de frutos rojos y un toque de pimienta. Para mí fue casi imposible poder reconocer esos olores que describió.

Después hicimos la evaluación en boca. Yo lo bebí como una bebida normal, tomando un sorbo pequeño y pasándolo lentamente por la boca para percibir sus sabores. Pero noté que el enólogo lo dejó unos momentos en su boca e hizo algunos movimientos, como agitándolo y abriendo ligeramente sus labios.

- ¿Qué sabores identificaron? – Nos volvió a preguntar. Escuchó las aportaciones de mis compañeros y volvió a probarlo - ¿Les sabe la pimienta? ¿Sintieron ese sabor a cuero?

¿Pimienta? ¿cuero? ¿Cómo es posible que perciba sabores como ese? No fue el efecto del vino, porque fue muy poca la cantidad que tomé, pero comencé a sonrojarme, pues no podía percibir nada de lo que estaba diciendo. Me caracterizo por ser una persona muy participativa, pero en ese momento solo me mantuve callada, tratando de encontrar lo que el enólogo nos decía. Y entonces me dije a mí misma: “No nací para esto”. Y luego despertó mi curiosidad preguntándome: un catador ¿Nace o se hace?. Quizás esa fue mi reacción en el momento, sin embargo, he trabajado durante años realizando análisis a los alimentos, por lo que sabía lo que conlleva ser un catador.

Mecanismo de percepción sensorial

Si bien es cierto que algunas personas tienen mayor habilidad para percibir sensaciones con sus sentidos, la verdad es que la mayoría tienen el potencial de desarrollarlo. Quizás algunos son mejores para identificar ciertos olores, otros ciertos sabores, algunas sensaciones como el picante u otros atributos. El detalle es que no siempre las ponemos en práctica. Por ejemplo, en nuestro país, algunos hablan inglés y otros no. Quienes lo hablan, puede deberse a que to-

maron clases o contaban con habilidades que desarrollaron al escuchar música o ver películas en ese idioma. Pero, estamos de acuerdo que los que no lo hablan tienen la capacidad de poder hacerlo si se lo proponen. Pasa lo mismo con los estímulos sensoriales, puedes identificar los sabores y olores en los alimentos si te preparas para ello. Pero hay algunos que traen el talento nato, como mi Tía Conchita, que cuando va a un restaurante a comer un nuevo platillo puede descifrar los ingredientes de la receta por el solo hecho de saborearlo.

Sin embargo, es importante mencionar que existen padecimientos en los órganos de los sentidos, que puede ser total o parcial, permanente o temporal, como la anosmia, es decir, falta de sensibilidad en el olfato o ageusia, lo que significa falta de sensibilidad en el gusto (ISO 5492). Recientemente, derivado de la pandemia de COVID-19 y los contagios con el virus SARS-CoV-2, algunas personas padecieron de la pérdida del gusto, por lo cual no serían candidatos para catadores en sabor hasta que logren recuperar su sensibilidad.

El mecanismo de percepción sensorial inicia con un estímulo en los órganos de los sentidos, generando una sensación, el cual llega al cerebro, donde se llevan a cabo una serie de reacciones, hasta que identifica una experiencia en su memoria que reconoce esa sensación, para emitir una respuesta (Shepherd, 2016). Dependiendo del registro en su memoria, la respuesta puede ser tan simple como me gusta o no me gusta, pero en catadores entrenados pueden ser descripciones muy precisas, como el caso del enólogo que platicábamos al inicio, quien ha registrado a través de la capacitación y experiencia, las características del vino.

Se le llama Análisis Sensorial al conjunto de técnicas que, aplicadas de una manera científica, permiten obtener resultados fiables sobre las respuestas que nos dan nuestros sentidos a los alimentos (Franco Pérez et al., 2021). Para ello, se acude a la experiencia de catadores o panelistas entrenados, quienes trabajan como si se tratara de instrumentos, al ser capaces de establecer de evaluar diferentes tipos de vinos.

Actualmente, la industria del vino ha utilizado y sigue utilizando enólogos como sus expertos (Franco et al., 2021). Las pruebas que se realizan para el entrenamiento de catadores se basan en normas que describen el proceso paso a paso. A continuación, hablaremos de algunas de ellas.

Identificación de sabores

Empecemos con la identificación de sabores, el cual se describe en la norma ISO 3972. Se preparan soluciones con los sabores básicos a concentraciones ya establecidas que, siendo realistas, están muy ligeros para la intensidad a los que estamos acostumbrados. Para el sabor dulce se utiliza azúcar, salado se prepara con sal, ácido con ácido cítrico, para el amargo se utiliza cafeína y glutamato monosódico para el sabor umami. Estos se colocan en vasos de 15 ml y a ciegas debes probar cada uno de ellos e identificar a qué sabor pertenece. Entre cada muestra, debes enjuagar tu boca con agua (Figura 2).

En mi experiencia, la primera vez fuí un caos, pues todo me sabía a agua y confundí sobre todo el amargo con el salado. Al finalizar, realizamos una retroalimentación y tuvimos la oportunidad de volver a probar las muestras, sabiendo previamente a qué sabor se refería. De



Figura 2. Prueba de identificación de sabores.

esa manera, comienzas a asociar ese estímulo con ese sabor. Entre más veces realizaba esta prueba, mejores resultados obtenía, incluso logré distinguir entre los sabores que al principio confundía.

Entonces, cada que probaba un vino, pude aprender a distinguir los diferentes sabores que se presentaban en él. Un rasgo característico de los vinos mexicanos es un toque salado, que si eres principiante no es tan sencillo reconocer, el cual he aprendido a identificarlo gracias al entrenamiento que he recibido.

Otra prueba que se utiliza es para la identificación del umbral de reconocimiento, entendiendo este como la cantidad mínima de un estímulo necesaria que permita identificar la sensación percibida (ISO 5492), es decir, en qué cantidad puedo sentir el sabor. Por ejemplo, puede ser que pruebas un café con media cucharadita de azúcar, pero no percibes el dulce, sino el amargo y que necesitas al menos dos cucharadas para sentir el dulzor, por lo que tu umbral serían esas dos cucharaditas.

Para realizar esta prueba, también se preparan soluciones, pero se empieza con agua pura y se va aumentando la concentración en cada uno de los vasos. Pareciera que el método es demasiado fácil de deducir, pero créeme que no siempre se logra identificar el sabor a la primera. La norma permite que agregues al azar dos vasos con la misma concentración, para hacer un poco más objetiva la prueba (Figura 3).

En una ocasión, un panelista que consume café muy cargado no logró reconocer el sabor amargo hasta el último vaso. A pesar de su gusto por este sabor, sus papilas estaban tan acostumbradas a altas concentraciones, que se le dificulta identificarlo en cantidades pequeñas. Y, por el contrario, personas que no toleran sabores como el ácido, pudieron identificarlo rápidamente en bajas concentraciones. Sin embargo, esto no es definitivo, pues el mismo entrenamiento te puede ayudar a que mejores tu umbral, pero puede requerir el cambio de hábitos, como reducir o evitar el consumo de café, al menos durante el entrenamiento.

Identificación de olores

En la identificación de olores, la complejidad se vuelve mayor debido a la gran cantidad de compuestos que se pueden identificar en el olfato, requiriendo de un mayor vocabulario para poder nombrarlos. En la norma ISO 5496 se describen varias técnicas para el entrenamiento de olores, la más común es la preparación de soluciones en concentraciones recomendadas en frascos cerrados. Estos se acercan a tu nariz, se abre para dar una olfateada profunda, manteniendo la boca cerrada y, posteriormente, identificarlo. No se deben de presentar más de ocho frascos por sesión, para evitar la fatiga del olfato.



Figura 3. Prueba de umbral de sabor ácido.

También se pueden utilizar olores encapsulados, disponibles comercialmente. En el mercado existen kits de aromas como La Nariz del Vino que contiene frascos con aromas representativos de los diferentes tipos de vinos.

Otra técnica es la evaluación de olores en tiras olfativas, principalmente de papel filtro, similares a las que te ofrecen en las tiendas departamentales en la sección de perfumería. Las tiras se agitan unos centímetros de la nariz, sin tocar piel ni bigote, procediendo a identificar el olor.

En la misma norma se presentan ejemplos de sustancias químicas que se pueden utilizar para estas pruebas. Hay compuestos químicos bien conocidos que dan diversos olores al vino, como el diacetilo que produce el olor a mantequilla, geraniol percibido como aroma a rosa o el tricloroanisol (TCA) que se asocia a un defecto en el vino por la presencia de hongos y se percibe como un aroma a humedad, papel húmedo o madera enmohecida.

En conclusión

Como has podido analizar, si bien es necesario contar con la habilidad para percibir estímulos en los diferentes sentidos, la realidad es que la mayoría de nosotros somos diamantes en bruto que, a través de entrenamiento y práctica, puedes ser todo un catador profesional.

Referencias:

- Franco Pérez, A. F., Naranjo Armijo, F. G., & Moreira Rosales, L. V. (2021). Análisis educativo sobre la valoración sensorial en catación de vinos. *Revista Conrado*, 17(78), 178-182.
- Gordon M. Shepherd. (2016). *Neuroenology: How the Brain Creates the Taste of Wine*. Columbia University Press.
- ISO 3972 Análisis sensorial - Metodología - Método de investigación de la sensibilidad del gusto.
- ISO 5492. ANÁLISIS SENSORIAL. Vocabulario
- ISO 5496 Análisis sensorial — Metodología — Iniciación y formación de evaluadores en la detección y reconocimiento de olores.
- Vázquez E. A., Herrera G. A., Borrego P. N., Sánchez O. E. (2022) Capítulo 1. Perspectivas sobre la producción vitivinícola mexicana en el contexto internacional. Vázquez E. A., Borrego P. N., Herrera G. A. y Sánchez O. E. (coord) *la industria vitivinícola mexicana en el siglo XXI retos económicos, ambientales y sociales*. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. México.

M. en C. Rosa Hidemi Ortega Armenta es profesora de la Especialidad Producción Industrial de Alimentos en el Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios no. 41, así como docente de asignatura en el área de Evaluación Sensorial de los Alimentos y el Vino en la Facultad de Enología y Gastronomía de la Universidad Autónoma de Baja California. Email: Hidemi.ortega@cbtis041.edu.mx; rosa.ortega.armenta@uabc.edu.mx





*Amor
y ciencia:
la vida y logros de
Gerty y Carl Cori*

Carolina Rico Barriga

“Los momentos más inolvidables son esas raras veces en que, después de años de duro trabajo, aquello que era oscuro y caótico aparece formando un claro y bello patrón”
-Gerty Cori

Introducción

La historia de Gerty y Carl Corey no es solo una historia de amor, también es de perseverancia y un compromiso inquebrantable con la ciencia. Esta increíble pareja no solo compartió toda una vida juntos, sino también colaboró en investigaciones que revolucionaron nuestra comprensión del metabolismo. El esfuerzo combinado de ambos les valió el Premio Nobel de Medicina en 1947, convirtiendo a Gerty Cori en la primera mujer en ganar este prestigioso premio en su categoría. Este artículo explora su vida, su legado y su amor mutuo y por la ciencia.

Los primeros años

Gerty Theresa Radnitz nació el 15 de agosto de 1896 en Praga, entonces parte del Imperio Austrohúngaro. Desde muy pequeña supo que quería ayudar a la gente por medio de la medicina, un campo dominado por hombres en esa época. Su padre, un exitoso químico, apoyó su interés por la medicina y la ciencia, permitiéndole asistir a la Universidad de Praga, donde encontró su vocación por la bioquímica y recibió también, un doctorado en Medicina. Es aquí donde conocería a su compañero de vida y colega: Carl Cori.

Carl Ferdinand Cori nació en la misma ciudad y en el mismo año que Gerty. Ambos compartían una pasión por la investigación y comenzaron a colaborar mientras eran estudiantes. Se enamoraron locamente y en 1920, se casaron.

Eran tan inseparables que Carl rechazaba cualquier oferta que no le permitiera trabajar al lado de su esposa. Juntos formaban un equipo sensacional lo cual se vio reflejado en sus hallazgos.

Un nuevo comienzo en América

Debido a la situación política en Europa, consecuencia de la Primera Guerra Mundial y la naturaleza judía de Gerty, ambos dejaron Praga para ir a trabajar a Estados Unidos. Ahí lograron encontrar trabajo en el Instituto de Estudios de Tumores en Buffalo, Nueva York. Sin embargo, Gerty enfrentó discriminación de género, al ofrecerle un puesto que correspondía a una décima parte de lo que ganaba su marido, además de que le advirtieron que podía perjudicar la carrera de Carl ya que no estaba bien considerado que una pareja de esposos trabajase junta. Pese a ello, fue aquí en Buffalo donde comenzó el trabajo de Carl y Gerty sobre la forma en la que el cuerpo usa la energía.

El Ciclo de Cori

La pareja, mediante su colaboración constante, excelencia científica, una red de apoyo profesional y perseverancia frente a la discriminación, logró resolver el misterio de cómo las células utilizaban el azúcar para obtener energía (Figura 1). Descubrieron cómo nuestro cuerpo convierte la glucosa en lactato y viceversa en nuestros músculos e hígado. Esto es lo que nos permite utilizar energía cuando hacemos ejercicio y almacenarla para más tarde. A este proceso se le conoce como el Ciclo de Cori, nombrado así en honor a la pareja. Este descubrimiento fue crucial para entender el metabolismo energético, sobre todo en condiciones de ejercicio y enfermedad. Su investigación tuvo importantes aplicaciones para el tratamiento de enfermedades como la diabetes.



Figura 1. Gerty y Cori trabajando en el laboratorio, 1947 (The Nobel Prize, s.f.).

Reconocimiento y Premio Nobel

A pesar de las brechas de género, el trabajo de Gerty y su esposo fue eventualmente reconocido a nivel mundial y en 1947, recibieron el Premio Nobel de Medicina (Figura 2). Este reconocimiento no solo validó su trabajo, sino que marcó un hito para las mujeres en la ciencia, demostrando que el talento y la dedicación pueden superar las barreras de género.

Vida personal y colaboración científica

La relación entre Gerty y Cori fue excepcional, tanto personal como profesionalmente. Su colaboración científica fue sinérgica, ya que: Gerty enfocada en los aspectos bioquímicos y Carl en los fisiológicos. Esta combinación les permitió abordar problemáticas complejas

desde distintos ángulos, enriqueciendo así sus hallazgos y contribuyendo al avance de la biomedicina. Juntos crearon el glucógeno sintético; desarrollaron la primera molécula súper compleja creada en una probeta y estudiaron las enzimas y las hormonas relacionadas con el metabolismo del azúcar. Los Cori publicaron juntos 50 artículos en 9 años y Gerty 11 como única autora, demostrando su independencia y su liderazgo en la investigación científica.

Más allá del trabajo, los Cori eran conocidos por su humildad y dedicación a la formación de nuevos científicos. También fueron mentores de numerosos estudiantes y colegas. El laboratorio de los Cori fue el campo de entrenamiento de otros 6 ganadores del Premio Nobel: Arthur Kornberg y Severo Ochoa (Premio Nobel de Medicina 1959 por sus descubrimientos de los mecanismos en la síntesis biológica del ADN); Luis Federico Leloir (Premio Nobel de Química 1970 por sus descubrimientos de los nucleótidos de azúcar y su papel en la biosíntesis de los carbohidratos); Earl Sutherland (Premio Nobel de Medicina 1971 por sus descubrimientos sobre los mecanismos de acción de las hormonas); Edwin G. Krebs (Premio Nobel de Medicina 1992 por sus descubrimientos sobre la fosforilación reversible de las proteínas) y Christian de Duve (Premio Nobel de Medicina 1974 por sus descubrimientos relacionados con la organización estructural y funcional de la célula).

Muerte de Gerty Cori

Justo antes de ganar el Premio Nobel, Gerty fue diagnosticada con una enfermedad de la médula ósea, pero siguió trabajando en el laboratorio como siempre y se concentró en el estudio de las enfermedades por almacenamiento de glucógeno, que fue el tema del último artículo

que publicó. Durante diez años que luchó contra la enfermedad, Carl la cargaba a donde tuviera que ir. Para ellos lo único más importante que el trabajo era el otro. Gerty murió en octubre de 1957, a la edad de 61 años.



Figura 2. Gerty y Cori en la ceremonia de entrega del Premio Nobel en Estocolmo, el 10 de diciembre de 1947 (The Nobel Prize, s.f.).

Conclusión

Los descubrimientos de Gerty y Carl Cori sobre el metabolismo de los carbohidratos son bases fundamentales para la bioquímica moderna y el tratamiento de enfermedades metabólicas. Además, su rotundo éxito conjunto en un campo dominado principalmente por hombres inspiró y continúa inspirando a generaciones de mujeres científicas, marcando un nuevo

rumbo para futuras generaciones de investigadoras. Igualmente, el enfoque interdisciplinario y colaborativo de esta pareja continúa siendo un modelo para la investigación científica.

La historia de los Cori demuestra que el amor y la ciencia pueden combinarse perfectamente para producir resultados excepcionales. Su dedicación y trabajo en equipo no solo les permitieron superar la barrera del género, sino que sus descubrimientos también transformaron la comprensión del metabolismo humano. Dejaron un legado científico permanente y demostraron que el trabajo en equipo y apoyo mutuo son claves para el éxito en todos los campos de la vida.

Esta historia sigue inspirando a científicos y parejas alrededor del mundo, recordándonos que, con pasión y perseverancia, se pueden lograr grandes cosas y dejar una huella imborrable en la historia.

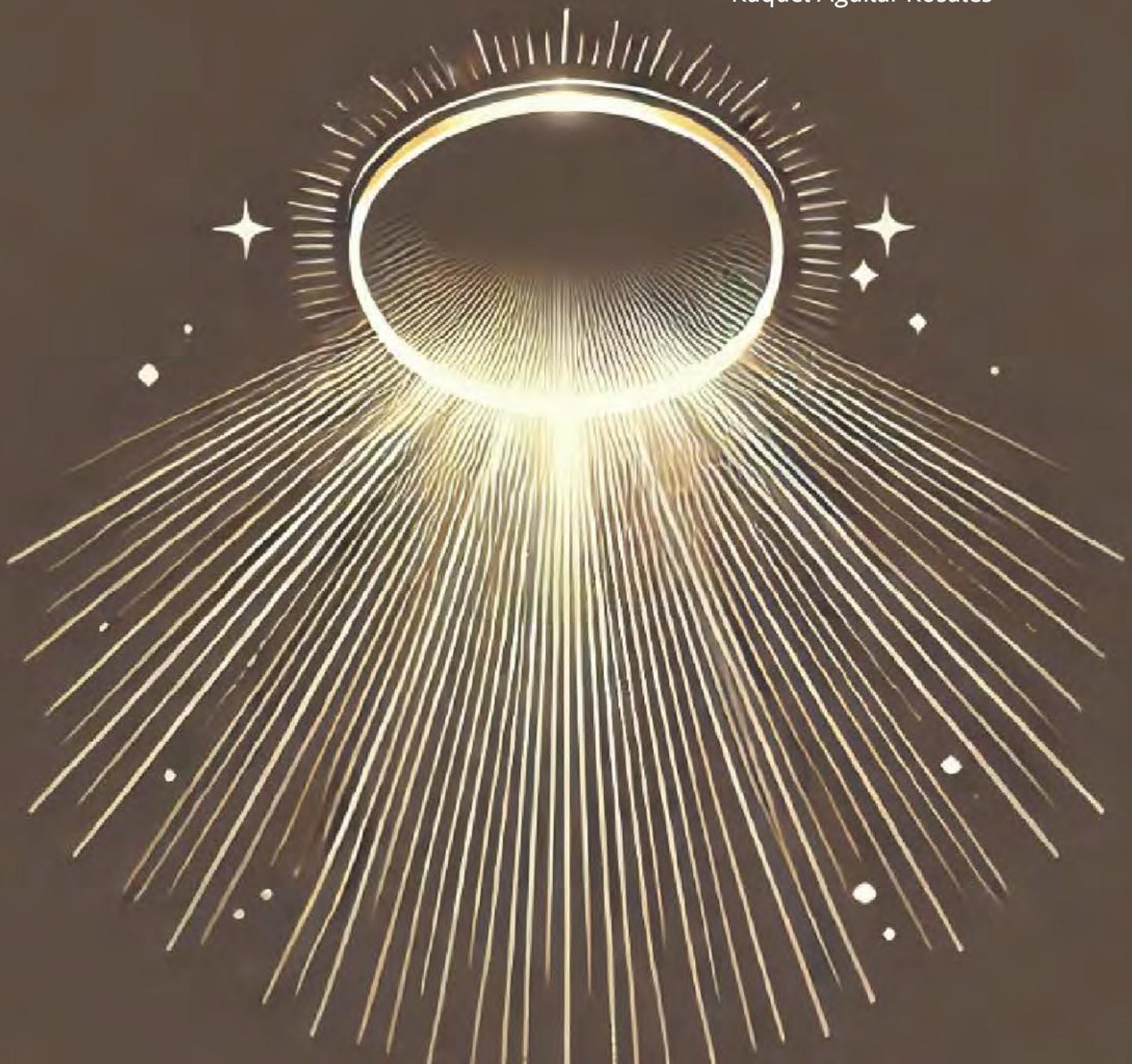
Referencias consultadas:

1. Giralt, M. (2010). Gerty Theresa Cori. *Annals de Medicina*, 93(2), 54-59.
2. Ignatofsky, R. (2017). Gerty Cori. En *Mujeres de ciencia: 50 pioneras intrépidas que cambiaron el mundo* (pp. 47). Nórdica Libros.
3. Núñez Valdés, J. (2023). Gerty Cori, a Life Dedicated to Chemical and Medical Research. *Foundations*, 3(3), 380-392.
4. The Nobel Prize. (s.f.). Gerty Cori. Nobel Prize. Recuperado el 28 de mayo de 2024 de: <https://www.nobelprize.org/womenwhochangedscience/stories/gerty-cori>.

Carolina Rico Barriga. Licenciada en Biotecnología egresada de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Estudiante de la Maestría en Ciencias de la Salud de la División de Posgrado de la Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez" de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. E-mail: 1824423e@umich.mx.

Cultivando Milagros: vírgenes y santos que lloran sangre

Raquel Aguilar Rosales



En medio del fervor religioso, surge un fenómeno misterioso: estatuas que se cree que lloran sangre. ¿Son estos eventos un verdadero milagro o existe una explicación científica detrás?

Serratia marcescens es un bacilo (lo que hace referencia a que la forma de la bacteria es de barra o vara) y gram negativo, esto porque la pared celular de esta bacteria la compone una capa fina de peptidoglucano (un compuesto formado por azúcares y aminoácidos). Se caracteriza como anaerobio facultativo porque crece tanto en presencia como en ausencia de oxígeno.

Es posible localizarle en la flora intestinal del hombre o de animales, en el ambiente y en depósitos pobres en nutrientes como el agua potable, cañerías y llaves; así como también en insumos hospitalarios como jabones, antisépticos, etc. Sin embargo, también se ha encontrado en otra situación muy particular: *S. marcescens* está presente en las estatuas que “lloran sangre” (Figura 1).



Figura 1. Una estatua de la Virgen María en una iglesia de Sacramento, EE.UU., el 22 de noviembre de 2005 (RT,2023)

Serratia marcescens y sus milagros

Durante 1819, en Legnaro, provincia de Padua, Italia; un fenómeno inquietó a los habitantes, los alimentos ricos en almidón (como el pan) se tiñeron de rojo. Los habitantes creían que estaban ensangrentados y le atribuían un origen diabólico al hecho.

Bartolomeo Bizio descubrió que la coloración roja en la polenta (alimento tradicional de harina de maíz del norte de Italia) y piezas de pan pequeñas se debía a una contaminación por un microorganismo. De esta manera, nombró a la bacteria responsable como “*Serratia*” en honor al físico y monje italiano Seraffino Serrati (quien fuera uno de los primeros en trabajar en los barcos de vapor) y “*marcescens*” deterioro en latín, debido a la rápida decoloración del pigmento.

El fenómeno reportado por Bizio daría una posible explicación a fenómenos asociados con la iglesia en la época medieval; remontándonos a cuando se creía que el pan de la eucaristía era convertido en el cuerpo de Cristo. *S. marcescens* predomina en ambientes húmedos porque necesita la presencia de agua para su crecimiento, ya que es un medio de transporte de las sustancias alimenticias en solución hacia la bacteria y elimina el desperdicio que se produce en el microorganismo (Ledermann, 2003). La conexión surge con las iglesias por el incremento de humedad, así como la presencia de harina de trigo en la hostia. Esto favorece el crecimiento de colonias bacterianas y la síntesis del pigmento llamado prodigiosina.

Las cepas ambientales (no las clínicas) son las productoras de prodigiosina, un pigmento rojo muy parecido al color de la sangre. Algunos de los agentes que inciden directa o indirecta-

mente en la capacidad de crecimiento bacteriano y en la producción de prodigiosina pueden ser la temperatura, la concentración de carbono, el tiempo de incubación o el pH del lugar de crecimiento (Silva, 2010).

La prodigiosina se ha estudiado en su forma libre; encontrando gran cantidad de aplicaciones tales como colorante en la industria alimentaria (leche, yogurt y bebidas carbonatadas) o como pigmento en la industria de poliolefinas y textil (lana, seda, nylon y telas acrílicas). En el ámbito médico también se han llevado a cabo investigaciones para evaluar sus aplicaciones, como podría ser la actividad anticancerígena como la actividad antimicrobiana (Palacio *et al.*, 2019).

Pero realmente se debe retomar que la bacteria puede haber actuado para la historia. Sus efectos habrían quedado registrados desde la ceremonia oficiada por el Papa Urbano IV, misma que dio origen a la festividad del “Corpus Christi”. Durante la ceremonia; al momento de la consagración de la hostia, se cree que gotea la sangre de Cristo. Como resultado disipó las dudas del oficiante de la ceremonia sobre la idea de la transustanciación (es decir, en el cambio de la sustancia del pan y del vino; en la del cuerpo y sangre de Cristo en la Eucaristía). El suceso trascendió de modo que se vio ilustrado por Rafael (Figura 2) unos siglos después del hecho en “*La misa de Bolsena*” de 1263 (Alonso, 2016).

Como resultado anual, el segundo jueves del Pentecostés se celebra la fiesta católica occidental llamada “*Corpus Christi*”, la cual se asocia a la conmemoración de la última cena de Jesucristo con sus apóstoles antes de su crucifixión. Para los católicos, dicha festividad se centra en la perpetuidad del espíritu de Jesús entre la humanidad.



Figura 2. La Misa de Bolsena
(Muy Interesante, 2016)

Si no es *Serratia marcescens* ¿Qué más podría ser? El fenómeno de sangrado en estatuas también puede atribuirse a la presencia de óxido de hierro, que con la presencia de contaminantes o la humedad comienza a escurrir, produciendo un efecto parecido al sangrado.

La razón y la ciencia pueden coexistir con la creencia religiosa

Abordar los fenómenos religiosos desde un enfoque científico promueve el pensamiento crítico, permitiendo a las personas distinguir entre mitos y realidades, lo cual es importante en un mundo donde la información errónea se puede propagar rápidamente.

Al integrar la ciencia en nuestra interpretación de los fenómenos religiosos no disminuye su significado personal o cultural, sino que nos sitúa en un contexto más amplio en la percepción de lo que nos rodea. Es importante utilizar el conocimiento científico para ampliar y no limitar nuestra comprensión del mundo, porque el nivel de la fe no debería rivalizar con la disponibilidad de la información.

Referencias

1. Alonso, A. (2016) La misa de Bolsena [Pintura] Vaticano. Italia. <https://www.muyinteresante.es/curiosidades/19676.html>
2. RT. (2023) El Vaticano crea un observatorio para investigar las estatuas 'lloronas' de la Virgen [Fotografía] Estados Unidos. <https://actualidad.rt.com/actualidad/464014-vaticano-observatorio-investigar-estatuas-virgen-maria>
3. Silva, F. (2010) Retrato Microbiológico. *Serratia marcescens*. Rev. chil. infectol. 27 (3): 209-210. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-10182010000300005
4. Ledermann, W. (2003) Pitágoras, Alejandro, Rafael y la *Serratia marcescens*. Rev. chil. infectol. v.20 supl. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-10182003020200024
5. Gacto, M, Gacto, M. (2011) Los microorganismos y el arte. *Anales de Biología*. 33: 107-115, 2011. https://www.um.es/analesdebiologia/numeros/33/PDF/33_2011_13.pdf
6. Palacio, V, Pérez, A, Carrascal, D, Osorio, V. (2019). Producción de un pigmento antibacteriano con *Serratia marcescens* usando diferentes tipos de caseína obtenida de leche. Rev. colomb. biotecnol [online]. 21 (1): 82-90. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0123-34752019000100082&lng=en&nrm=iso&tlng=es#:~:text=La%20prodigiosa%20generalmente%20se%20produce,y%20el%20pH%20del%20medio.

Raquel Aguilar Rosales. Pasante de la Licenciatura de Química Farmacéutica Biológica enfocada al área Bioquímica clínica. Investigador realizando una estancia en la Unidad de Investigación de la UNAM en el Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Entusiasta de la ciencia y la divulgación científica. Creador y Gestor de contenido de página de divulgación científica en redes sociales Ocelote Científico. Email: rar2200007@gmail.com



El culto a Tláloc:

el **agua** y las **plantas** de
ofrenda entre los Mexicanos

Alejandro Torres-Montúfar



Introducción

El agua ha sido un recurso esencial para las civilizaciones humanas desde tiempos inmemoriales, y en el México prehispánico no fue diferente. En la civilización Mexica, el agua era un recurso vital no solo para la supervivencia cotidiana sino también como un elemento sagrado profundamente arraigado en su cosmovisión y prácticas religiosas. El agua era considerada esencial para la agricultura, la cual sustentaba a la vasta población del Imperio Mexica. Este recurso fue divinizado a través de Tláloc, el dios de la lluvia, y sus ayudantes, los Tlaloques, quienes eran vistos como pequeños dioses o espíritus del agua.

Entre los muchos dioses venerados por los pueblos mesoamericanos, Tláloc, el dios de la lluvia, ocupa un lugar destacado debido a su papel central en la vida agrícola y religiosa.

Tláloc es uno de los dioses más antiguos y venerados en Mesoamérica, con representaciones que se remontan al período Teotihuacano (200-700 d.C.) (Pasztor, 1988).

Fray Bernardino de Sahagún, en su obra monumental "Historia General de las Cosas de la Nueva España", describe a Tláloc como un dios de gran relevancia para los mexicas, encargado de enviar las lluvias necesarias para las cosechas y, por ende, la supervivencia de la comunidad. Sahagún señala que Tláloc era representado con una apariencia temible, con ojos grandes y redondos, y colmillos prominentes, lo que subrayaba su poder y su relación con los fenómenos naturales más imponentes y a veces destructivos (Sahagún, 2002).

De acuerdo con Sahagún (2002) el culto a Tláloc incluía una variedad de rituales y ceremonias que buscaban asegurar la provisión de agua para los cultivos y, por ende, la supervivencia de la comunidad. Entre estos rituales destacaban los sacrificios humanos, una práctica común en las culturas mesoamericanas, en la que las víctimas, a menudo niños, eran sacrificadas para apaciguar a Tláloc y asegurar su favor. Los niños eran considerados especialmente poderosos en estos rituales debido a la creencia de que sus lágrimas podían atraer la lluvia.

Otro cronista, Diego Durán, en "Historia de las Indias de Nueva España e Islas de Tierra Firme", describe a Tláloc como una deidad esencial para el equilibrio del ciclo agrícola. Durán detalla que los mexicas realizaban elaboradas ceremonias en honor a Tláloc, incluyendo sacrificios humanos y ofrendas de alimentos y bienes preciosos, para asegurar su favor y obtener las lluvias necesarias para sus cultivos (Durán, 1984).

Fray Toribio de Benavente, conocido como Motolinía, en su obra "Historia de los Indios de la Nueva España", describe cómo los sacerdotes mexicas llevaban a cabo ceremonias en las cimas de montañas y cerca de cuerpos de agua, considerados lugares sagrados donde Tláloc habitaba o se manifestaba. Estas ceremonias incluían danzas, cánticos y ofrendas específicas para propiciar las lluvias (Motolinía, 1985).

En síntesis, Tláloc era considerado el máximo dios de la lluvia, los relámpagos y la fertilidad agrícola. Según las crónicas, Tláloc residía en las montañas sagradas, desde donde enviaba las lluvias a la tierra (Durán, 1984). Si la economía azteca se basaba en la agricultura, con cultivos principales como el maíz, frijol y calabaza,

por tanto, la gestión eficiente del agua era esencial para mantener la producción agrícola en las tierras del Valle de México, que sufría de variaciones estacionales en la disponibilidad de agua (Nicholson, 1971). Las diversas representaciones gráficas de Tláloc incluyen esculturas, ollas, códices, y relieves en templos (Figura 1).

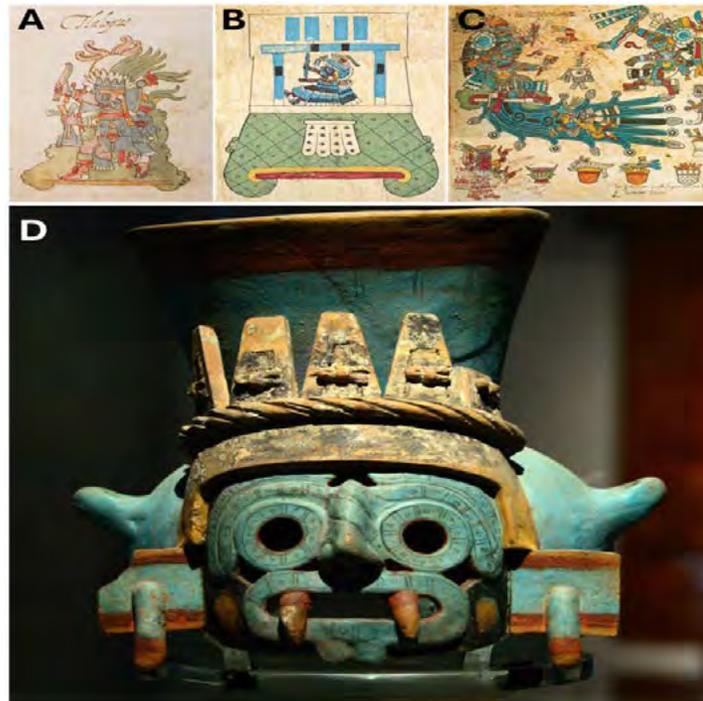


Figura 1. Representaciones de Tláloc en el México prehispánico. A. Tlaloc, el dios de la lluvia, los cerros, la tormenta y el rayo. Códice Ríos. B. Tláloc en su templo en la cumbre del cerro. Códice Borbónico. C. Tláloc, dios de la lluvia con su cetro de rayo-serpiente y el agua preciosa que brota de las fauces del cerro. Códice Borbónico. D. Olla Tláloc exhibida en el Museo del Templo Mayor en las cuales se ofrendaban semillas en su interior. Fotografía Museo del Templo Mayor-INAH.

Ollas Tláloc y las plantas de ofrenda

Adicionalmente a Tláloc, en el México prehispánico, se creía que particularmente las lluvias eran causadas por la intervención de pequeños dioses del agua, los Tlaloques, estos habitaban en los cuatro puntos cardinales y llevaban el agua en ollas, que luego vertían sobre la tierra. Algunas de estas ollas, decoradas con la cara de Tláloc y pintadas de azul, eran llamadas “ollas de nubes” y se utilizaban en ceremonias para simbolizar la regeneración del agua y la fertilidad que revitalizaba la naturaleza anualmente (López Austin & López Luján, 2011).

Sahagún (2002) menciona que, durante la fiesta de los dioses del agua, en la veintena *Etzalcualiztli*, se usaban ollas azules para colocar los corazones de los individuos que personificaban a los *Tlaloques* y que eran sacrificados como ofrendas. Finalmente, estas ollas eran arrojadas en el remolino de Pantitlán, un lugar sagrado en el lago de Texcoco en Tenochtitlan, con el propósito de regenerar las aguas y fomentar la fertilidad de la tierra.

La arquitectura dedicada a Tlaloc también era grandiosa y significativa, con templos y altares construidos específicamente para su culto. El Templo Mayor en Tenochtitlán, la capital del Imperio Mexica es uno de los ejemplos más destacados. Este templo tenía dos santuarios en la cima, uno dedicado a Tláloc y otro a Huitzilopochtli, el dios de la guerra. Esta disposición subrayaba la dualidad y la interdependencia de las fuerzas naturales y militares en la cosmología mexicana (Matos-Moctezuma, 1988).

En el Templo Mayor, las ofrendas y sacrificios a Tláloc se realizaban regularmente, y el templo en sí mismo estaba decorado con iconografía asociada a la lluvia y el agua. Los sacerdotes encargados del culto a Tláloc llevaban a cabo ceremonias elaboradas, incluyendo danzas, cánticos y el uso de objetos sagrados, como los incensarios y las estatuas de Tláloc, para atraer las lluvias y asegurar la fertilidad de la tierra.

En diversas ofrendas excavadas en el Templo Mayor de Tenochtitlán se han encontrado numerosas Ollas Tláloc, en las que se conservan restos vegetales (flores, semillas o resinas) de plantas que eran depositadas en la olla como parte de un ritual de veneración a Tláloc y cuyos restos se recuperaron de excavaciones arqueológicas a lo largo de décadas de estudio (López-Luján, 2006).

Las especies vegetales documentadas corresponden a plantas cultivadas y recolectadas durante la temporada de lluvias. Entre las plantas que simbolizan la agricultura se encuentran la chía (*Salvia hispanica* L., *Lamiaceae*), la calabaza (*Cucurbita pepo* L., *Cucurbitaceae*) y elementos de la familia *Amaranthaceae* (*Chenopodium* sp o *Amaranthus* sp), mientras que las plantas

de recolección incluyen la Chía Gorda (*Hyptis suaveolens* (L.) Poit., *Lamiaceae*), Copal (*Bursera bipinnata* (DC.) Engl., *Burseraceae*) y Pericón (*Tagetes lucida* Cav., *Asteraceae*) (Figura 2).

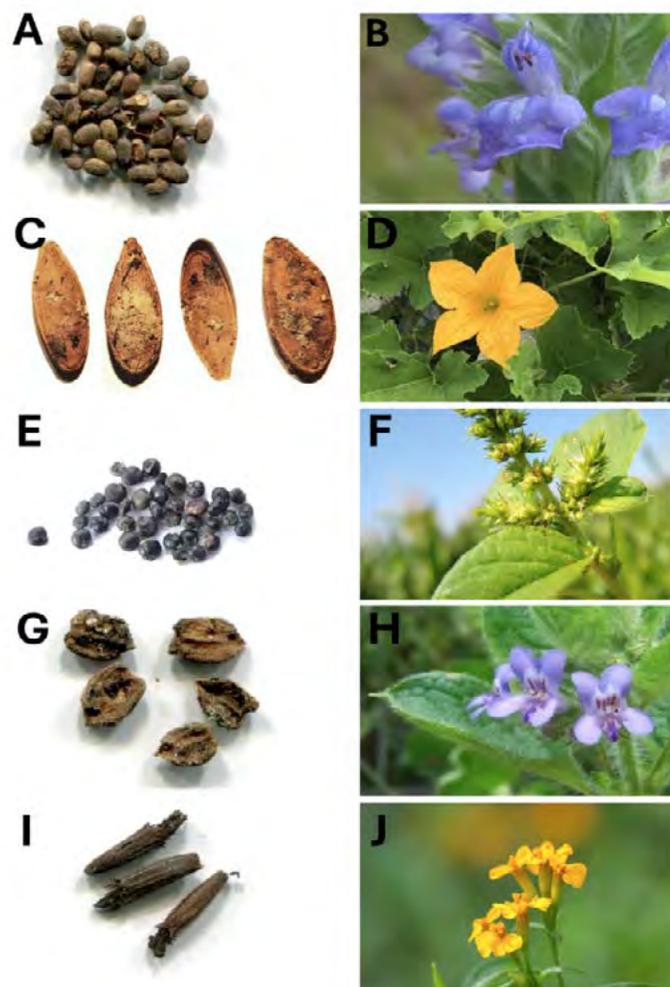


Figura 2. Plantas ofrendadas en las Ollas Tláloc del Templo Mayor de Tenochtitlán. A. Semillas de chía (*Salvia hispanica*). B. Flores de Chía. C. Semillas de calabaza (*Cucurbita pepo*). D. Flor de calabaza. E. Semillas de Amaranthaceae (*Amaranthus* sp). F. Inflorescencia de amaranto. G. Semillas de Chía Gorda (*Hyptis suaveolens*). H. Flores de Chía Gorda. I. Involucros de Pericón (*Tagetes lucida*). J. Inflorescencias de Pericón.

Durante la época prehispánica, el amaranto se cultivaba extensamente; actualmente se utiliza la variedad *Amaranthus hypocondriacus* L., conocida comúnmente como “alegría” que posee un alto valor alimenticio (Calderón & Rzedowski, 2001). Otra Amaranthaceae importante es el epazote, nombre asignado a plantas herbáceas y ocasionalmente arbustivas, anuales y en su mayoría aromáticas. Varias especies de epazote se recolectaban para alimento, medicina o como condimento. Este género incluye especies ruderales y arvenses de climas templados y cálidos, excepto el *Huanzontli* (*Chenopodium berlandieri* ssp. *nuttaliae* (Saff.) Wilson & Heiser), una planta cultivada en la cuenca de México y consumida como verdura (Calderón & Rzedowski, 2001).

El pericón (*Tagetes lucida*), conocido por su color amarillo intenso y su aroma, tenía un importante valor ritual en Mesoamérica. Las ofrendas asociadas a los templos de Huitzilopochtli y Tláloc contienen ramas y flores de pericón que adornaban artefactos de papel de amate importantes, como petos y conos de varas de mando relacionados con Tláloc (Montúfar et al., 2013).

El simbolismo del pericón está vinculado a la agricultura del maíz, el agua y los mantenimientos, como se observa actualmente (Sahagún, 2002; Durán, 1984). Ortiz de Montellano (1980) llamó al pericón la “flor de Tláloc”. Actualmente, las flores de pericón se siguen utilizando en rituales como Xilocruz y San Miguel en Morelos y Guerrero, donde se adornan las milpas con cruces de ramitas con flores de pericón, agradeciendo las primeras mazorcas (Figura 3) (Sierra-Carrillo, 2007).

La Chía Gorda (*Hyptis suaveolens*) se valoraba por sus semillas comestibles y propiedades medicinales. Esta planta arbustiva,

originaria de regiones cálidas fuera de la cuenca de México, se encontraba en las vasijas de Tláloc, posiblemente debido a su aroma y sus beneficios alimenticios y medicinales, además de su inclusión en actividades de tributo o comercio que aseguraban su traslado al recinto sagrado de Tenochtitlán (Montúfar, 2013).



Figura 3. Cruz de pericón ofrendada en la milpa para agradecer la cosecha. Jolalpan, Puebla. Fotografía: Alejandro Torres Montúfar.

El copal (*Bursera bipinnata*), una resina utilizada tradicionalmente en Mesoamérica se ofrecía como tributo y para fines ceremoniales. Su humo aromático facilitaba el vínculo entre humanos y dioses y se utilizaba en las fiestas de veintenas del calendario solar, como la veintena *Tóxcatl*, donde se ofrecía a *Huitzilopochtli* (Sahagún, 2002; Durán, 1984). El copal sigue siendo un material de ofrenda destacado en rituales relacionados con el ciclo del maíz entre las comunidades indígenas de México (Figura 4) (Montúfar, 2013).



Figura 4. Quema de copal en ritual agrícola en Acatlán, Guerrero. Fotografía. Aurora Montúfar López.

Consideraciones finales

Las ollas de Tláloc, encontradas en los depósitos de oblación, simbolizan la tierra, las montañas y el agua. Los registros botánicos muestran una riqueza de semillas cultivadas y recolectadas en la temporada de lluvias, lo que sugiere fertilidad y renacimiento de la naturaleza en relación con el ciclo anual de sequía y lluvias en México.

A pesar de la conquista y la influencia europea, muchas de las tradiciones relacionadas con el culto a Tláloc y los Tlaloques han perdurado en el México contemporáneo. Las comunidades indígenas siguen realizando ceremonias para pedir lluvia y celebrar las cosechas en fechas específicas del calendario agrícola. Estas ceremonias incluyen la ofrenda de copal y otras plantas sagradas, y se llevan a cabo en lugares tradicionales como montañas y campos de cultivo en días como San Marcos (25 de abril) y Santa Cruz (3 de mayo), ceremonias que se llevan a cabo en cerros y montañas, donde reside Tláloc, los Tlaloques y se origina el agua.

Referencias

- Calderón de Rzedowski, G. y Rzedowski, J. (2001). Flora fanerogámica del Valle de México, Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Durán, D. (1984). Historia de las Indias de Nueva España e Islas de Tierra Firme. Editorial Porrúa.
- López-Austin, A. y López-Luján, L. (2011). Monte sagrado-Templo mayor: El cerro y la pirámide en la tradición religiosa mesoamericana. Instituto de Investigaciones Antropológicas-UNAM e Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- López-Luján, L. (2006). The Offerings of the Templo Mayor of Tenochtitlan. University of New Mexico Press.
- Matos-Moctezuma, E. (1988). The Great Temple of the Aztecs: Treasures of Tenochtitlan. Thames & Hudson.
- Montúfar López, A., Barrera Rivera, J. A. e Islas Domínguez, A. (2013). Una mirada arqueológica de la ofrenda 102 del Templo Mayor de Tenochtitlan: su contenido botánico y simbolismo. En: Convocar a los dioses: ofrendas mesoamericanas, Johanna Broda (coord.), Instituto Veracruzano de la Cultura.
- Motolinía, T. de B. (1985). Historia de los Indios de la Nueva España. México: Editorial Porrúa.
- Nicholson, H. B. (1971). En: Religion in Pre-Hispanic Central Mexico. G. F. Ekholm & I. Bernal (Editores), Handbook of Middle American Indians, Volume 10: Archaeology of Northern Mesoamerica, University of Texas Press.
- Ortiz De Montellano, B. (1980). Las hierbas de Tláloc. Estudios de Cultura Nahuatl 14, 287-314.
- Pasztor, E. (1988). Teotihuacan: An Experiment in Living. University of Oklahoma Press.
- Sahagún, B. de (2002). Historia General de las Cosas de la Nueva España. México: Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.
- Sierra Carrillo, D. (2007). El demonio anda suelto: el poder de la Cruz de pericón, Colección Fuentes, Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Dr. Alejandro Torres-Montúfar. Profesor en la carrera de Ingeniería Agrícola. Biólogo egresado de la Facultad Ciencias de la UNAM. Doctor en Ciencias Biológicas por el Instituto de Biología de la UNAM. Miembro del SNI, nivel 1. Ha publicado 20 artículos científicos en revistas indexadas y numerosos congresos nacionales e internacionales. Su línea de investigación es sobre taxonomía y sistemática molecular de la familia Rubiaceae, adscrito al Herbario de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (Herbario-FESC) de la Universidad Nacional Autónoma de México.
Email: montufar@comunidad.unam.mx

¿Qué leo?



Una aventura de otro mundo

Ma. Andrea Trejo Márquez

Hoy en la sección “¿Qué leo?”, te presentamos un libro fascinante para los más pequeños de la casa: **Una Aventura de Otro Mundo**. Este libro de cuentos es mucho más que una simple colección de historias; es una puerta a la ciencia, presentada de manera divertida y accesible para los niños. Con ilustraciones coloridas y personajes entrañables, este libro hará que los niños se sumerjan en un viaje lleno de curiosidad y aprendizaje.

Una **Aventura de Otro Mundo** fue creado por Esteban Calvario y Yessica Nieto, ilustrado por Sandra Careaga, y bajo la dirección de los doctores Diana Ramírez Hernández, Jazmín Flores Monroy, y Diego Lezama Martínez. Estos autores y científicos han logrado combinar perfectamente la narrativa y la ciencia para crear una experiencia de lectura única que encantará a los pequeños y no tan pequeños.

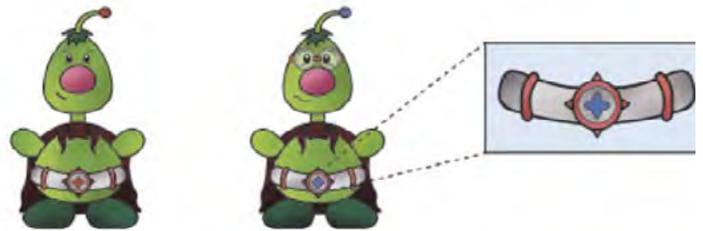
La historia sigue a dos pequeños extra-terrestres, Protón y Electrón, quienes deciden explorar el espacio en busca de aventuras. Pero durante su viaje, algo inesperado ocurre y su nave quedó varada en el planeta Tierra. A partir de ese momento, Protón y Electrón tendrán que utilizar el ingenio, la creatividad y, por supuesto, el método científico, para encontrar la manera de regresar a su hogar.

A lo largo del libro, los lectores acompañarán a los personajes en un emocionante viaje lleno de experimentos, descubrimientos y sorpresas. Los capítulos, como “Un viaje, ¿sin retorno?”, “¡Houston, tenemos un problema!”, “Es hora de la experimentación”, y “¡Eureka, tenemos resultados!”, están diseñados para enseñar a los niños sobre el proceso de investigación científica de una manera divertida y comprensible. Cada capítulo es una aventura que invita a los lectores a reflexionar, hacer preguntas y buscar soluciones, tal como lo harían los científicos en la vida real.

(Ilustraciones de Sandra Careaga)

¿Lograrán Protón y Electrón volver a su planeta? ¿Qué aprenderán sobre la ciencia y el trabajo en equipo en su trayecto? Te invitamos a descubrirlo en este fantástico libro que convierte la ciencia en un juego emocionante.

¡No te lo pierdas próximamente lo podrás leer en un suplemento especial de la revista PaCiencia Pa´ Todos!



Se acabó la última gota de agua: Del cine al Derecho Humano

José Alfredo Noguez Guzmán

El acceso al agua entendido como un derecho es un concepto de reciente aparición en nuestra historia. Ello no significa que el anhelo de acceder al agua no existiera. El anhelo ha estado no así una construcción de derechos en el cual inscribirlo. Antes que un derecho se construyó la imagen del agua como un beneficio. Ante del proceso de industrialización en los centros urbanos de México durante los sexenios de Manuel Ávila Camacho (1940-1946) y de Miguel Alemán Valdéz (1946-1952) el agua potable disponible para todos no fue una realidad palpable en pequeñas poblados y menos aún en lugares realmente pequeños y remotos. Aunque el suministro de agua a las grandes audiencias fue visible en varias películas del cine mexicano durante la década de los sesenta, setenta y ochenta, el surgimiento de la conciencia respecto al uso racional del agua inició hacia finales del siglo XX. Después de este periodo la preocupación se ha centrado en la disponibilidad del agua y de quién tendría acceso a ella. El acceso al agua se ha convertido en el foco de atención y en ese contexto se observó que las clases económicamente privilegiadas y grandes consorcios son quienes han sido el foco de los discursos de gestión pública que emergieron desde diversos niveles de gobierno. Sin embargo poca, sino es que nula atención se ha puesto en pequeñas poblaciones que aún existen en nuestro país.



En varias películas del cine mexicano se observan dinámicas sociales y económicas centradas en lagos, ríos, lagunas. *Redes*, *Janitzio*, *Pueblerina* e incluso *María Candelaria* tienen como telón de fondo concentraciones de agua que pudieran ser incluso elementos determinantes en el comportamiento y acciones de los personajes. Sin embargo, desde una perspectiva actual, el acceso al agua para consumo personal en las pequeñas poblaciones que fungieron como el centro de atención del cine de las décadas de los treinta, cuarenta e incluso buena parte de los cincuenta, no se dio. El acceso y consumo de agua fue contundentemente representado en términos de problema importante en la película *Río Escondido*, presentada en 1948, se observa en el guión de Emilio Fernández y Mauricio Magdaleno un telón de fondo donde varios aspectos son la tarea a resolver por parte del proyecto de gobierno federal bajo el sexenio de Miguel Alemán. Si bien la idea de alfabetización y educación articula en torno a sí el abandono, la miseria, el despotismo y el machismo, la falta de acceso a la poca agua que hay en el poblado, sirve para enmarcar los diversos hilos imbricados en torno a lo que en la actualidad es considerado un derecho humano.

La película puede leerse desde diversas perspectivas y si bien asistimos a una especie de apología del proyecto modernizador Alemánista, se entretejen referentes que fueron definiendo una especie de identidad nacional desde el sexenio de Lázaro Cárdenas. En ese contexto se inscribe una primera parte donde los espacios son los depositarios de la historia y fungen como un elemento que va articulando la construcción de una idea de nación. Los murales en Palacio Nacional de Diego Rivera, finalizados en 1935 insisten en conjuntar los referentes ideoló-

gicos para una población. Es la niñez presentada como el conjunto de "almas limpias" que habrá de forjar el futuro de la nación. La referencia de la voz en off resulta relevante ya que será en un niño en quien se concrete la barbarie de negar el acceso al agua. Ese niño realizará una acción muestra de la desesperación y de quien ante la posibilidad de obtener agua para la sobrevivencia entiende que nada tiene ya que perder. El impacto visual de la miseria retratada se intensifica cuando los niños son afectados con enfermedad, analfabetismo, orfandad, y muerte.

El presidente de la república encomienda al personaje de Rosaura, una tarea que excede su papel de maestra rural. La intención es conjuntar la voluntad de maestros y médicos con la voluntad presidencial de atender los problemas de México; el campo no produce lo que el país consume, terror generado por políticos corruptos lo cual redundaba en el abatimiento de la economía, núcleos humanos analfabetos, entre otros. La idea del proyecto Alemánista es llevar salubridad y enfrentar la carencia de agua, de carreteras y de caminos vecinales.

Río Escondido representa un poblado muy alejado, el lugar más cercano se encuentra a cuatro horas de camino. La desolación, la miseria, el abandono, las condiciones casi infrahumanas mantienen a los pobladores sometidos a la voluntad tiránica del presidente municipal. La poca agua no alcanza a mitigar la necesidad del líquido de toda la población. La otra fuente de agua que existe en el pueblo pertenece exclusivamente al presidente municipal y él utiliza esta agua para sus caballos, los cuales guarda en lo que fue la escuela, y también la utiliza para su uso personal. Los habitantes asumen que este orden de cosas es imposible de ser modificado

y no se plantean en ese momento el acceso al agua como un derecho inalienable. Esta narración emerge con un efecto acumulativo donde a cada instante la insultante miseria y abandono se intensifican con las tomas realizadas por Gabriel Figueroa. Parajes poblados por el polvo y el sol sofocante. Se observa un sitio donde prácticamente nada existe. No hay escuela puesto que esta se utiliza como establo de los caballos del presidente municipal, el templo al igual que la escuela y de hecho el resto de las construcciones se encuentra en ruinas, la personas mueren de hambre y/o víctimas de viruela. En ese contexto la muerte resulta casi convencionalmente frecuente.

Catorce minutos de contexto para enfrentar al espectador a una escena descarnada por la fuerza del problema que atiende. Se observa a un grupo de mujeres con sus cántaros de barro de aproximadamente tres litros, agrupadas ante un pequeño surtidor de agua común para toda la pequeña población de Río Escondido que se encuentra al lado de la parroquia. Estas mujeres refieren que a lo largo del año no hay lluvia y que la poca agua del aljibe comunal debe ser procurada de tal forma que mitigue en algo las necesidades de todos los pobladores. El único que no queda sujeto a tal limitación es el presidente municipal quien se ha adueñado no solo del otro aljibe para su uso personal, sino de todos los caseríos y más aún, de las voluntades de toda la población. La única ley imperante es la suya. El punto límite llega en el momento donde escuchamos y leemos en el rostro de las mujeres, el terror que les genera saber que “se acabó la última gota de agua”. Ante la imposibilidad de acudir a ningún orden de gobierno para enfrentar esa realidad sólo resta acudir a la iglesia para escuchar en voz del cura el derecho que tienen

a reclamar agua. Subyace en la intervención del sacerdote la idea de concebir el acceso al agua como derecho que no puede quedar alienado a la voluntad de una persona, por muy representante de un supuesto orden y progreso que si bien se está construyendo en el discurso oficial federal, a ellos no llega ni siquiera en su enunciación.

Las mujeres son la personificación tanto de la problemática como de la búsqueda de solución. Ellas sacan al santo en una peregrinación rogando a la divinidad por el milagro de tener agua de lluvia. Es a ellas a quienes un pasante de medicina instruye hervir el agua para evitar enfermedades. Sin embargo contra argumentan que al hervir la poca agua que obtienen se perdería una cantidad considerable por la combustión. La crudeza se intensifica cuando aparece uno de los niños de la escuela tambaleándose, y cae por haber consumido pulque a falta de agua. Esto reafirmado por el cura. Acto seguido, ante la desesperación y a pesar de la amenaza del presidente municipal de matar a quien le “robe” agua, un niño de aproximadamente 11 años, uno de los tantos que la maestra Rosaura acogió bajo su instrucción, decide ir a tomar agua del aljibe. El niño es asesinado por un enloquecido presidente municipal, quien no denota ningún precepto de humanidad y orden respecto a los demás. La caída del cacique no fue por la muerte del niño, aunque se entiende es por la acumulación de atrocidades que había acumulado a lo largo de años.

A setenta y seis años de distancia, setenta y seis el acceso al agua sigue siendo una pendiente, agravado por una mayor demanda y por un manejo igualmente caciquil. Hoy no es un Don Regino sino entre otras grandes corporaciones

que acaparan cantidades ingentes de agua en perjuicio de poblaciones enteras. Hoy se da paso a procesos donde el acceso al agua será para aquellos que puedan pagarla. Habrá que recuperar de la película Río Escondido no solamente el punto de un problema sin solución sino también el precepto básico de vencer voluntades mezquinas a partir de la lucha y organización o en palabras de la maestra Rosaura “[t]enemos que empezar, por donde hay que empezar”, y si a veces es necesaria una solución un poco bárbara “pus se les quiebra”, diría el personaje de Poncianito. Entendido en un sentido figurado habrá que quebrar resistencias, voluntades, mecanismos y para ello el cine mexicano de mediados del siglo XX tiene aún mucho que decir a las audiencias actuales.

José Alfredo Noguez Guzmán. Estudió Lengua y Literatura Modernas Inglesas en la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM con especialización en Crítica Literaria. Los campos de interés académico son; Literatura escrita por mujeres británicas y norteamericanas del siglo XVIII y XIX, representación de las relaciones erótico amorosas de la homosexualidad en la literatura Inglesa y Norteamericana de finales del siglo XIX y XX. Se ha desempeñado como Profesor de asignatura en Literatura Norteamericana, y metodología para la enseñanza del Inglés como Lengua Extranjera. Asesor Técnico Pedagógico a nivel de Educación Básica durante más de veinte años y como profesor de lengua. Ha participado en diversos foros y estadias en los Estados Unidos de Norteamérica. En diciembre de 2019 postuló para obtener la Certificación por parte de Cambridge Assessment, en Metodología para la Enseñanza del Inglés.





PaCiencia Pa'Todos

CONVOCATORIA

El Consejo Editorial de la revista digital **PaCiencia Pa'Todos** te invitamos a contribuir con artículos de divulgación de la ciencia. *PaCiencia Pa'Todos* es una revista digital de la Facultad de Estudios Superiores Aragón, UNAM que pertenece a la Cátedra UNESCO *Universidad e Integración Regional* que se publica de manera semestral, que tienen como objetivo divulgar la ciencia, la tecnología, la cultura y el arte para jóvenes estudiantes de bachillerato y licenciatura que buscan un encuentro con el conocimiento. Las contribuciones deberán usar un lenguaje sencillo, ágil, atractivo, no especializado y, de ser necesario algún término técnico, éste deberá explicarse de forma sencilla, para que el artículo pueda ser de fácil acceso para estudiantes desde nivel bachillerato.

Te invitamos a contribuir con artículos de divulgación de la ciencia en las áreas de: Ciencia, Tecnología, Educación, Humanidades, Arte y Cultura.

Para el No. 17 se abordará el tema de “**De Raíces a Horizontes: El Impacto de la Migración**” en la Ciencia, Tecnología y la Cultura.

Para consultar instrucciones la política, editorial, recomendaciones para los autores y plantilla:

<https://publicaciones.aragon.unam.mx/ojs/index.php/paciencia/about/submissionsmx>

Envío de trabajos: pa.ciencia.pa.todos2020@gmail.com

Fecha límite: **30 diciembre de 2024**

DIRECTORIO

Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas

Rector

Dra. Patricia Dolores Dávila Aranda

Secretaria General

Mtro. Hugo Concha Cantú

Abogado General

Mtro. Tomás Humberto Rubio Pérez

Secretario Administrativo

Dra. Diana Tamara Martínez Ruiz

Secretaria de Desarrollo Institucional

Lic. Raúl Arcenio Aguilar Tamayo

**Secretario de Prevención, Atención y Seguridad
Universitaria**

Facultad de Estudios Superiores Aragón

Mtra. Araceli Romo Cabrera

Directora

Mtro. Mario Marcos Arvizu Cortés

Secretario General

Mtro. Jorge Andrés Trejo

Secretario Administrativo

Ing. Alexis Samp Pedro Pinto

Secretario Académico

Mtro. Felipe de Jesús Gutiérrez López

Secretario de Vinculación y Desarrollo

Dra. María Magdalena Sarraute Requesens

Coordinadora de la Cátedra UNESCO Universidad e

Integración Regional, Sede México-FES Aragón UNAM

Mtra. Gabriela Paola Aréizaga Sánchez

Jefa de Comunicación Social

Lic. Celia Ivonne Aguayo Morales

Responsable de Publicaciones

PaCiencia Pa'Todos, Año 8, No. 16, Julio-Diciembre de 2024, es una publicación semestral editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, a través de la Facultad de Estudios Superiores Aragón, Av. Universidad Nacional s/n, Col. Impulsora, Nezahualcóyotl, Estado de México, C.P. 57130, Tel. 55 5817 34 78 ext. 1021, URL: <https://publicaciones.aragon.unam.mx/ojs/index.php/Paciencia> correo electrónico: pa.ciencia.pa.todos2020@gmail.com Editora responsable: Dra. María Andrea Trejo Márquez. Certificado de Reserva de Derechos de Autor 04-2023-070613182400-102, ISSN: en trámite ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Dra. María Andrea Trejo Márquez, fecha de última modificación: 18 de octubre de 2024.

El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores y no refleja necesariamente el punto de vista de los árbitros ni del Editor o de la UNAM.

Se autoriza la reproducción de los artículos (no así de las imágenes) con la condición de citar la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.



Atribución-No Comercial-Sin Derivadas

Permite a otros solo descargar la obra y compartirla con otros siempre y cuando se otorgue el crédito del autor correspondiente y de la publicación; no se permite cambiarlo de forma alguna ni usarlo comercialmente.

PaCiencia Pa'Todos

Cátedra UNESCO Universidad e Integración Regional

Dr. Axel Didriksson Takayanagui
Coordinador General

Coordinadores/as de Sede
Dra. María Magdalena Sarraute
Requesens, FES Aragón-UNAM

Dr. Damián Del Valle, Universidad
Nacional de las Artes, Argentina

Dra. Daniela Perrotta, Universidad
Nacional de las Artes, Argentina

Dr. Andrés Felipe Mora, Universidad
Nacional de Colombia

Dra. Célia Elizabete Caregnato
Universidad Federal de Rio Grande Do
Sul, Brasil

Dra. Carmen Caamaño Morúa
Universidad de Costa Rica

Dra. Carmen Márquez
Universidad Autónoma de Madrid

Dr. Freddy Álvarez González
Universidad de C. Izcalli, México

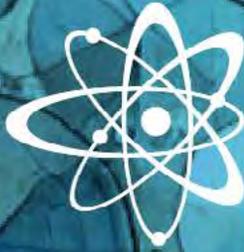


Facultad de Estudios Superiores Aragón

No. 16 Año 8 Julio-Diciembre 2024

<https://publicaciones.aragon.unam.mx/ojs/index.php/paciencia/index>

PaCiencia Pa'Todos



Ciencia, Educación, Tecnología y Cultura a tu alcance

Visita el sitio

