



# HYPERIA®

Ejemplar gratuito  
Enero-marzo de 2025  
Núm. 79

ISSN 2007-4735

Entrevista

## Astronauta Katya Echazarreta

“Hay que pensar con visión a 50 o 100 años”

Mujeres científicas en Morelos:  
Rompiendo el techo de cristal

Centro de Investigaciones Biológicas,  
37 años en campo y laboratorio

Linfocitos T y la  
respuesta inmunitaria

K. Echazarreta



**MORELOS**  
LA TIERRA QUE NOS UNE  
GOBIERNO DEL ESTADO  
2024 - 2030

**CCYTEM**

CONSEJO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEL ESTADO DE MORELOS

**MUSEO DE CIENCIAS**

DIRECCIÓN DEL MUSEO DE CIENCIAS DE MORELOS



Instituto Morelense  
de Procesos Electorales  
y Participación Ciudadana

## DIRECTORIO

**Margarita González Saravia Calderón**  
Governadora Constitucional del Estado de Morelos

**Víctor Sánchez Trujillo**  
Secretario de Desarrollo Económico y del Trabajo

**Jaime Eugenio Arau Roffiel**  
Director General del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos

**Alejandra Ramírez Mendoza**  
Directora del Centro Morelense de Comunicación de la Ciencia

**Consejo Editorial**  
Mtra. Silvia Patricia Pérez Sabino  
Dr. Armando Arredondo López  
Lic. Susana Ballesteros Carpintero  
Mtro. Martín Bonfil Olivera  
Dra. María Victoria Crespo  
Dr. Humberto Lanz Mendoza  
Dr. Xavier López Medellín  
Dr. Ernesto Márquez Nerey  
Dra. Lorena Noyola Piña  
Dra. Carmen Nina Pastor Colón  
Dr. Juan Manuel Rivas González  
Mtro. Marco Antonio Sánchez Izquierdo  
Dr. David Valenzuela Galván

**Coordinación editorial**  
Antimio Cruz

**Corrección de estilo**  
MPE Ana Lourdes Barriga Montoya

**Diseño**  
MPE Ernesto Alonso Navarro

Hypatia, año 23, núm. 79, primer trimestre de 2025, editado por el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos, calle La Ronda #13, colonia Acapatzingo, CP 62440, Cuernavaca, Morelos, México. (52)7773123979, [revistahypatia.morelos.gob.mx](mailto:revistahypatia.morelos.gob.mx) / [hypaty@morelos.gob.mx](mailto:hypaty@morelos.gob.mx)

EDITOR RESPONSABLE: JAIME EUGENIO ARAU ROFFIEL

Reserva de derechos al uso exclusivo número: 04-2018-062008481500-102. ISSN: 2007-4735. Licitud de título y contenido: 15813. Impresa por: Imprenta Zodiaco, calle Tauro #904, colonia Zodiaco, Cuernavaca, Morelos, CP 62380. Este número se terminó de imprimir en marzo de 2025, con un tiraje de 2 mil ejemplares. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente expresan la postura del editor de la publicación. Se permite la reproducción total o parcial por cualquier sistema o método, incluyendo electrónicos o magnéticos de los contenidos e imágenes, siempre y cuando contenga la cita explícita (fuente) y se notifique al editor. Hypatia está incluida en el directorio del Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, Latindex: [www.latindex.org](http://www.latindex.org) y en el sitio de la Sociedad Mexicana para la Divulgación y la Técnica A.C.: [www.somedyct.org.mx](http://www.somedyct.org.mx)

La publicación no expide cartas a sus colaboradores.



**Hypatia web**  
Escanea y encuentra todos nuestros números.

Revista Hypatia es una publicación de divulgación científica del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos, organismo descentralizado del Poder Ejecutivo del Estado de Morelos, como parte del proyecto estratégico "Plan Integral de Comunicación y Divulgación de la Ciencia Octubre 2024-Marzo 2025", apoyado por el Instituto Morelense de Procesos Electorales y Participación Ciudadana (IMPEPAC).

## CONTENIDO

3

### Editorial

Dr. Jaime Eugenio Arau Roffiel

### 4 Entrevista a Katya Echazarreta; primera astronauta mexicana

Antimio Cruz

### 9 Foto Hypatia: Calamar

Biol. Frida Jonguitud

### 12 Una avispa benéfica. Aliada para la producción agroecológica

Dr. Jaime González Cabrera  
Dr. Agustín Jesús Gonzaga Segura  
Dr. Víctor Rogelio Castrejón Gómez

### 16 Venado en Morelos. Historias y usos tradicionales

Biol. Balam Quitze Vargas Sánchez  
Dr. Alejandro García Flores  
Dr. Leonardo Alejandro Beltrán Rodríguez

### 22 Cambios para romper el Techo de cristal

Dra. Gabriela Mendizabal  
Dra. Daniela Ledezma  
Ing. Candy Cornejo

### 26 Los linfocitos T y la respuesta inmunitaria

MC. Carlos Alberto González Domínguez  
MC. Lya Dinorah Gutiérrez Valenzuela  
Dr. Mario Cruz Muñoz  
Dra. Delia Vanessa López Guerrero  
Dr. Iván Martínez Duncker Ramírez

### 32 CIB-UAEM. Origen y desarrollo con pertinencia ambiental y social

Dr. Alejandro García Flores  
MC. Hortensia Colín Bahena  
Dr. Rubén Castro Franco

### 7 La importancia de la educación STEAM en niños y jóvenes

Dra. Katya C. Echazarreta González

### 10 Zonas para la conservación en Temixco

Staff Hypatia

### 14 Hongos comestibles y medicinales son fuente de autoempleo

Staff Hypatia

### 20 Una mujer de ciencia

Estudiante de Biología  
Karolain Herrera

### 24 Virus Papiloma Humano ¿Cómo me afecta?, ¿cómo se previene y atiende?

Dr. Adolfo Pedroza Saavedra  
Dra. Lilia Chihu Amparan  
Dra. Hilda M. González Sánchez

### 30 Cerebros moleculares de bacterias

Mtra. Yitzel Gama Martínez  
Dr. Víctor Manuel Hernández López  
Dr. Ismael Hernández Lucas

### 36 Bombas, fotones y paradojas cuánticas

Dr. Carlos A. González-Gutiérrez

### 38 Agenda científica Marzo a junio

# Carta editorial

**A**umentar la participación de las mujeres en la ciencia, las humanidades, la tecnología y la innovación no es sólo un tema de cuota de género; es un trabajo para asegurar que mujeres y hombres tengan las mismas oportunidades para recibir los beneficios de la investigación y los nuevos conocimientos. La astronauta mexicana Katya Echazarreta afirma que, si los automóviles fueran diseñados por equipos con equidad de género no serían tan peligrosos para las mujeres como lo son actualmente. Así lo comentó en la entrevista exclusiva que dio para la actual edición de HYPATIA, dedicada a las mujeres en la ciencia.

Echazarreta también escribió un artículo especial sobre la importancia que tiene para México promover la educación en Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas. Sus reflexiones se unen, en esta edición, a las de biólogas, geólogas, abogadas y expertas en ciencias de datos que trabajan en Morelos.

También es posible admirar en esta revista el trabajo femenino en fotografía científica submarina y leer sobre campos como el uso de avispas para control biológico de plagas; los mitos y usos tradicionales del venado en Morelos; los avances en conocimiento del Virus del Papiloma Humano; las Células T y el sistema inmune; los cerebros moleculares de las bacterias; la física cuántica y sus capacidades predictivas, así como una reseña del Centro de Investigaciones Biológicas (CIB), de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), que fue el primer centro de investigación en esa casa de estudios.

En Morelos consideramos que la ciencia, la tecnología y la innovación son actividades estratégicas que nos unen y transforman, por eso abrazamos el principio de “Ciencia para todos”. Deseamos que la actual edición de HYPATIA sea para ustedes interesante y enriquecedora.

**Dr. Jaime Eugenio Arau Roffiel**

Director General del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos

# La primera mujer mexicana en viajar al espacio



## Más allá de tus logros; como mujer siempre te ponen a prueba: Katya Echazarreta

La primera mexicana en viajar al espacio busca dejar un legado que siga activo dentro de 50 y 100 años: las bases legales y técnicas para una industria aeroespacial mexicana de alta calidad, que no solo haga manufactura sino desarrollo propio.

Antimio Cruz

Faltaba menos de un mes para que Katya Echazarreta González cumpliera 26 años, cuando encendieron los motores del cohete de despegue vertical New Shepard, preparado para subir más de 100 kilómetros de altura sobre el nivel del mar y cruzar la frontera invisible llamada Línea de Karman: donde termina la atmósfera terrestre e inicia el espacio exterior. En ese cohete viajaba Katya; a punto de vivir una experiencia transformadora. Ese 4 de junio de 2022, la joven Ingeniera, nacida en Guadalajara, Jalisco, el 26 de junio de 1996, se convirtió en la primera mexicana y en la mujer más joven de todo el mundo en viajar hasta el espacio. Abridada dentro de la cápsula tripulada de la misión espacial NS-21, de la compañía Blue Origin, Katya Celeste alcanzó el final de un camino y el principio de otro: logró un hito y comenzó a construir un legado.

Dos años y siete meses después, en conversación para las lectoras y lectores de **Hypatia**, la investigadora y divulgadora de ciencia y tecnología habla sobre su trabajo para apuntalar a una industria aeroespacial mexicana que vaya más allá de manufacturar lo que es traído de otros países; reflexiona sobre los obstáculos de género que persisten y sobre la responsabilidad de cada persona con el planeta y con los otros seres vivos.

**¿Nos puedes dar un ejemplo donde el ser mujer haya dificultado tus estudios o trabajo?**

Todavía sigo batallando con esto y no importa a dónde llegue, sé que va a ser un tema constante. En la primaria, me acuerdo de una maestra decirle a una niña, que estaba batallando con las matemáticas, que no se preocupara porque ella no iba a necesitarlas en su futuro. Así me di cuenta de ideas erróneas aprendidas por la sociedad, que hasta algunas mujeres continúan.

Cuando yo escuché esto, se lo conté a mi mamá. Ella siempre fue muy honesta conmigo y me ayudó a entender esa situación para poder estar preparada y enfrentarla.

En la Universidad, me acuerdo de profesores que se burlaban de las mujeres y hasta corrían a ciertas compañeras del salón y les decían cosas como: “Es por eso que tú no deberías estar aquí”. Luego, cuando llegué como ingeniera a grupos de desarrollo de tecnología; ahí también, desafortunadamente, tuve que enfrentar estereotipos.

Ahora, a pesar de los logros alcanzados, sigo batallando. A veces leo comentarios o me llegan mensajes o artículos con personas cuestionando la credibilidad de mi educación, de mi experiencia en desarrollo de tecnología o por qué fui aceptada para un programa espacial.

**¿Qué herramientas psicológicas utilizas cuando se presentan dificultades?**

Ese un tema muy importante. Yo me siento muy agradecida porque tengo el apoyo de mi familia; especialmente de mi mamá. Así como el apoyo de personas que he encontrado en el camino, como maestros, directores de programas de ciencia y tecnología.

Cuando siento que ya no puedo más porque estoy frente a algo que nunca había enfrentado antes, la fortaleza no viene de mí sino de mi mamá, que siempre creyó en mí; y de mis maestros, compañeros y amigos que reconocían mi potencial y que me decían que yo iba a poder lograr eso y más.

Yo me siento una persona muy afortunada, porque tuve ese apoyo, pero cuántos jóvenes no lo tienen. Es por eso que mi mensaje no solamente busca generar en los jóvenes la certeza de que podemos lograr cosas;



también busco decirle a las mamás, los papás y a los maestros, que sus palabras, a veces, son hasta más importantes que las palabras propias durante estos momentos de debilidad.

**¿Por qué es importante que haya más mujeres ingenieras? ¿En qué beneficia al mundo?**

Les pongo un ejemplo muy simple: actualmente, una mujer corre más riesgo en un automóvil que un hombre, especialmente cuando maneja. ¿Por qué? Porque los automóviles fueron diseñados para el cuerpo de un hombre y los cuerpos de las mujeres, en promedio son más pequeños. ¿Qué hubiera sucedido si en estas reuniones para desarrollo de tecnologías tuviéramos, por ejemplo, un 50-50 de voz de hombres y mujeres?

Cuando nos ponemos a pensar en ejemplos así, comprendemos que cuando una persona no ha vivido una experiencia, puede no tomar en cuenta aspectos necesarios para resolver un problema. Y a eso es a lo que nos referimos cuando decimos que es importante tomar en cuenta la perspectiva de las mujeres.

**En la actualidad todas las personas hablan mucho de sus derechos, pero pocos hablan sobre sus responsabilidades. ¿Cuáles crees que son los deberes de nuestra generación con el planeta y las futuras generaciones?**

Para muchas personas, cuando vemos una situación ya con muchísimos problemas, es muy difícil sentir que vamos a poder hacer algo al respecto y muchos



dicen: “Es que las cosas no van a cambiar”; “Las cosas llevan ya muchísimos años así y las situaciones así son y así serán”.

Entonces, primero, en mi opinión es reconocer que, claro que podemos cambiar las cosas y que todo esto comienza desde nuestra propia persona. El tema del cuidado al medio ambiente cada vez es más claro: cada persona puede hacer algo al respecto con su conducta y con su consumo.

***Tú has creado una fundación, sin fines de lucro, para impulsar la Industria Aeroespacial mexicana. Esto exige mucho tiempo y trabajo. ¿Qué hay detrás del deseo personal e íntimo de hacer una fundación?***

Sí es un trabajo pesado y muy complicado porque queremos dejar un legado de alta calidad; que es lo que los jóvenes se merecen.

Actualmente tenemos una industria automotriz y aérea muy grande en México, pero solamente de manufactura. Nosotros buscamos desarrollar una industria aeroespacial con tecnología propia; con empresas, ingenieros y científicos mexicanos. Así nace la Fundación, con dos propósitos: uno, apoyar con el desarrollo legal, legislativo de la Industria Espacial en México; y dos, preparar a la juventud para que sea parte de esa industria.

Es un trabajo muy complejo y pesado, pero lo que estamos haciendo es mirar con una perspectiva hacia los próximos 50 y 100 años. Yo ni siquiera voy a estar aquí, pero eso es lo que quiero dejar para los jóvenes que tienen ese mismo sueño que yo tuve. **H**



# La importancia de la educación STEAM en niños y jóvenes

**El ejemplo del Campamento Aeroespacial Misión Marte 2023, más que una metodología, es una forma de aprender con curiosidad y solución de problemas**

**Dra. Katya Celeste Echazarreta González**  
[info.katechazarreta@gmail.com](mailto:info.katechazarreta@gmail.com)  
 Fundación Espacial Katya Echazarreta

**L**a educación en STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas) es una herramienta poderosa para formar a las futuras generaciones de científicos, ingenieros, artistas y exploradores del espacio. Más que una metodología educativa, representa una mentalidad de innovación y creatividad, donde la curiosidad y la resolución de problemas son la base del aprendizaje.

Esta visión se refleja perfectamente en la experiencia vivida por los participantes del Campamento Aeroespacial Misión Marte 2023, una iniciativa educativa única que no solo inspira a los jóvenes a soñar en grande, sino que también les enseña a convertir esos sueños en planes concretos y alcanzables.

En este programa, los niños y adolescentes descubren que el conocimiento es la llave para desbloquear el universo y que la perseverancia puede abrir puertas a un mundo de posibilidades infinitas. El núcleo del programa está en una frase: “Cada descubrimiento comienza con una pregunta, y tú tienes el poder de encontrar todas las respuestas”. Con este principio se ha dejado huella en cien jóvenes, al brindarles



herramientas prácticas y conocimientos sólidos para inspirarlos a formarse como los próximos líderes de la exploración espacial.

El objetivo principal de la educación STEAM es motivar a los niños y jóvenes a explorar, comprender y desarrollar habilidades en las ciencias y tecnologías del futuro, para encender la chispa de la curiosidad y el descubrimiento. A través de este enfoque, los participantes desarrollan habilidades esenciales para la vida y el trabajo en el siglo XXI:

- Pensamiento crítico: Resolver problemas de manera lógica y efectiva.
- Creatividad: Imaginar soluciones innovadoras a desafíos complejos.
- Trabajo en equipo: Colaborar con otros para alcanzar grandes objetivos.
- Perseverancia: No rendirse ante los obstáculos, sino aprender de ellos.

Grandes avances en la historia han sido posibles gracias a la creatividad, desde el diseño de naves espaciales hasta las ilustraciones de galaxias en astrofísica. Esto demuestra que la imaginación y la ciencia van de la mano para abrir nuevas fronteras.

A diferencia de los métodos tradicionales de enseñanza, este programa fue una aventura educativa de alto impacto, donde los participantes: experimentaron con simulaciones de vuelo y exploración marciana; aprendieron sobre astronomía, astrobiología y las misiones espaciales de la NASA; diseñaron prototipos de hábitats espaciales y tecnología para la exploración del cosmos, y entendieron el impacto de la exploración espacial en la humanidad y el futuro del planeta.



Uno de los mayores aprendizajes del campamento fue comprender que la ciencia y la exploración espacial son esfuerzos colaborativos. Los participantes fueron desafiados a trabajar en equipo para resolver problemas, diseñar prototipos y desarrollar proyectos relacionados con la exploración espacial. Cada desafío era una oportunidad para aplicar lo aprendido y, lo más importante, para entender que los grandes logros no se alcanzan solos, sino trabajando juntos y compartiendo ideas; además, descubrieron que la creatividad y la ciencia forman un mismo ecosistema de innovación. La integración de las artes en el programa permitió que los jóvenes se dieran cuenta de que la imaginación es un motor de progreso. Como decía Albert Einstein:

**“La imaginación es más importante que el conocimiento. El conocimiento es limitado, pero la imaginación rodea el mundo.”**

El Campamento Aeroespacial Misión Marte 2023 es solo un ejemplo de cómo el aprendizaje puede ser una experiencia transformadora.

Al enseñar a los jóvenes a pensar de manera crítica, creativa y colaborativa, estamos preparándolos para los desafíos del mañana. No hay fronteras para el conocimiento. No importa de dónde vengan, si tienen el deseo de aprender, pueden llegar hasta las estrellas. El espacio está esperando por ellos. Con dedicación y curiosidad, pueden ser los próximos en hacer historia en la exploración espacial. ¡El futuro está en sus manos, y el universo es su límite! **H**

Morelos, México. Enero, 2025.



*The magnificent diamond squid* (El magnífico calamar diamante). Fotografía submarina tomada en Cozumel, Quintana Roo, México por la destacada bióloga, fotógrafa submarina y profesional del buceo Frida Jonguitud. Nacida en Cuernavaca en 1993, es egresada de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM).

# Zonas para la conservación en Temixco

En Temixco aún hay zonas con una calidad ambiental excepcional

Staff Hipatya

**L**a mejor manera de conservar la naturaleza surge cuando los habitantes de un lugar reconocen que el agua, la tierra, la flora y la fauna son una herencia, valiosa y frágil que les pertenece. Un ejemplar esfuerzo para salvar la naturaleza ocurre actualmente en Temixco, Morelos. En ese municipio, donde 70 por ciento del territorio ha sido urbanizado y el principal río que lo cruza, que es el Río Apatlaco, está gravemente contaminado, un grupo de ejidatarios labora para proteger zonas silvestres, con asesoría de una estudiante de posgrado de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM).



**Ana Laura Rendón, promueve la creación de zonas voluntariamente destinadas a la conservación.**

Su primer objetivo es lograr que el paraje llamado Cascada de Bedoya se convierta en la primera Área Destinada Voluntariamente a la Conservación (ADV), en Temixco. Así lo explica, en conversación con **Hypatia**, la Bióloga Ana Laura Rendón Ramírez, quien apoya a los ejidatarios, al mismo tiempo que realiza su Maestría en



Fotografías de Ana Laura Rendón.

Manejo de Recursos Naturales, en el Centro de Investigaciones Biológicas (CIB), de la UAEM.

“Los ejidatarios nos informaron que había lugares muy bellos que querían conservar, pero tenían miedo de que, si los declaraban áreas protegidas, el gobierno ya no les permitiera ingresar. Entonces investigamos la legislación ambiental y descubrimos un concepto nuevo llamado Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación, que permite a los propietarios, que en este caso son los ejidatarios, elegir zonas para conservar; solicitar su certificación y tomar las decisiones sobre cómo protegerlas”, indica la universitaria, quien ha hecho una descripción detallada del ecosistema, mediante recorridos y la elaboración de listados de riqueza biológica y ecosistemas conservados.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) puede emitir la certificación después de analizar documentos técnicos de los lugares silvestres y actas de asamblea en las que los integrantes del Ejido aprueban destinar voluntariamente esas tierras para la conservación.

Lo que se busca en Cascada de Bedoya no es colocar esa área silvestre dentro de una esfera de cristal, para que nadie la toque, sino organizar una estrategia social, jurídica y científica para aprovechar sustentablemente el lugar, permitiendo la regeneración de las poblaciones de plantas y animales.

### “En Temixco hay zonas con una calidad ambiental excepcional”

dice la Bióloga Ana Laura, con mucho orgullo del municipio donde nació. “Desafortunadamente, la urbanización ya está muy cerca de las zonas que todavía tenemos vírgenes, como los cerros de Cuentepec, de Tetlama y una parte de los ejidos de Temixco. Hay mucha presión sobre esos terrenos, como ocurre con los cerros de Tetlama, que una minera ha querido explotar”.

Hija de un obrero y de una ama de casa, Rendón Ramírez describe a sus padres como una inspiración para salir adelante. Ella es la tercera de cinco hermanos. Estudió kínder, primaria, secundaria y preparatoria, en escuelas públicas. Después, cursó la carrera de Biología en la UAEM.



“Cuando era niña, no había nadie de mi familia que se dedicara a la ciencia. Yo nunca había escuchado la palabra Biología, sólo sabía que me gustaban los animales y la naturaleza”, platica la universitaria, quien pausó durante unos años su carrera científica para ser madre. En ese intervalo de tiempo ayudó a crear la Jefatura de Normatividad Ambiental en el Ayuntamiento de Temixco. Hoy, como mujer que ha vuelto a ser estudiante, celebra tener dos hijos y una hija, así como estar casada con un hombre que apoya su carrera.

“Siento que en el mundo universitario ya hay mucha apertura y apoyo de los profesores para las mujeres, pero cuando sales al mundo laboral y tratas con autoridades o tomadores de decisiones, todavía existen muchos obstáculos. En el caso de los ejidatarios, al principio no parecían muy convencidos de trabajar con una mujer, porque la mayoría son hombres. Pero con el tiempo ellos me han llevado y cuidado para visitar las zonas y ya terminamos todo el expediente técnico ambiental. Ahora la conclusión del trámite está en manos de los propios ejidatarios”, señaló la Bióloga Rendón Ramírez. **H**



**Figura 1.** Larva de gusano cogollero (figura a) atacando a la planta de maíz; *Telenomus remus* (figura b) alimentándose sobre huevos de gusano cogollero.

# Una avispa benéfica

**Aliada para la producción agroecológica y sustentable de maíz**

**Dr. Jaime González Cabrera** | [jgonz017@ucr.edu](mailto:jgonz017@ucr.edu)  
 Centro Nacional de Referencia de Control Biológico, Tecomán, Colima  
**Dr. Agustín Jesús Gonzaga Segura** | [agonzagas@ipn.mx](mailto:agonzagas@ipn.mx)  
**Dr. Víctor Rogelio Castrejón Gómez** | [vcastrejon@ipn.mx](mailto:vcastrejon@ipn.mx)  
 Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del IPN, Yauatepec, Morelos  
**Lic. Sofía Alejandra Giles Tores** | [sofia.giles@uaem.mx](mailto:sofia.giles@uaem.mx)  
 Escuela de Estudios Superiores del Jicarero UAEM, Jojutla, Morelos

**i** Sabías que en la naturaleza existen insectos que atacan a otros insectos (hospedero o presa) y se llaman parasitoides? De manera natural, los parasitoides pueden considerarse insectos benéficos cuando ayudan a controlar poblaciones de insectos que sean plagas en cultivos agrícolas. En la actualidad, la agricultura mexicana enfrenta retos que amenazan la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental.

Es por ello que la agroecología surge como una ciencia que afronta problemas como el uso excesivo de plaguicidas químicos durante la producción de alimentos. Un ejemplo es el cultivo de maíz, que es crucial para la autosuficiencia alimentaria de México, porque cada año se cultiva en más de 7 millones de hectáreas, principalmente para el sustento alimenticio de la población. El maíz se siembra principalmente en áreas

rurales y pequeños terrenos. Sigue prácticas agrícolas de bajos insumos, caracterizadas por el uso de semillas nativas y mínimas necesidades de capital. Bajo estas condiciones, este cultivo enfrenta ataques de diferentes insectos plaga, siendo el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) el más perjudicial, causando pérdidas hasta del 70 % en su valor económico del cultivo (figura 1a).

## Manejo de gusano cogollero en el cultivo de maíz

Desafortunadamente, el método más común para controlar al gusano cogollero es el uso de insecticidas. En México, para controlar este insecto, se aplican más de 3 mil toneladas de estos productos químicos, ocasionando contaminación al suelo, afectando la flora y fauna, y con ello impactando de manera negativa la salud de los productores y consumidores. Por lo tanto, es necesario adoptar nuevas prácticas de control que promuevan la sostenibilidad. La agroecología promueve el uso de insectos benéficos para el control de plagas.

El parasitoide *Telenomus remus* fue introducido por primera vez en México en 1979, y desde entonces se ha encontrado en campos agrícolas de maíz en Chiapas, Guanajuato y Colima, lo que indica que se ha establecido con éxito (figura 1b).

Este insecto es eficiente en el control del gusano cogollero, por ejemplo, en Brasil, Colombia, Ghana y Honduras, donde ha logrado controlar del 60 al 90 % del gusano cogollero. En México, algunos estudios indican que



*T. remus* también puede controlar al gusano cogollero entre un 63 y 91 % en parcelas de: maíz + calabaza; maíz + frijol; y maíz + frijol + calabaza.

A pesar de los beneficios demostrados por el *T. remus* su uso es limitado, debido a la falta de metodologías adecuadas para su reproducción y, por consecuencia, la escasa o nula capacitación hacia los agricultores. Sin embargo, el desarrollo para una reproducción rural de *T. remus* está en marcha.

En Colima, México, el Centro Nacional de Referencia de Control Biológico (CNRCB) ha desarrollado una metodología semi-rural para reproducir a *T. remus* y a su huésped, gusano cogollero, utilizando *procedimientos, materiales e instalaciones simples*. El parasitoide se crío en un área con paredes y techo de concreto (área climatizada), mientras que, el gusano cogollero se crío en condiciones de semi-campo, sin condiciones ambientales controladas, utilizando plantas de maíz y tela organza para su protección, y junto con el trabajo que

se está desarrollando en Morelos, en el CEPROBI-IPN (Centro Desarrollo de Productos Bióticos), se pretende establecer una reproducción rural de este parasitoide en condiciones de campo. Sin embargo, a pesar de la efectividad de *T. remus* como *herramienta agroecológica* para lograr una producción sostenible de maíz en México, la falta de implementación de una cría de manera rural, representa una oportunidad perdida en la lucha de su principal plaga: el gusano cogollero.

Por lo tanto, al fomentar la investigación y desarrollo de tecnologías que faciliten la cría de *T. remus*, se abre la puerta a una nueva era de producción agrícola sustentable en el país. La utilidad de *T. remus* como insecto benéfico contra *Spodoptera frugiperda* ha ganado importancia a nivel mundial, empezando en algunos países de Sudamérica, y su uso se ha expandido a China, así como en varias regiones de África, y en México podría ser una oportunidad de utilizarlo ayudando a la producción sustentable de maíz, libre de la dependencia de insecticidas químicos. **H**

# Hongos comestibles y medicinales son una fuente de autoempleo en Morelos

**En cuatro décadas, la doctora Lourdes Acosta Urdapilleta, del CIB-UAEM, ha capacitado a centenares de nuevos productores.**

Staff Hypatia

**N**o pasa un día sin que las personas tengan contacto con algún producto en cuya elaboración hayan participado hongos. Consumimos panes, quesos, cervezas y vinos fermentados sutilmente por hongos microscópicos; también ingerimos cientos de platillos típicos de la cocina mexicana, preparados con alguna de las 460 especies de hongos comestibles presentes en este país, o alguna vez hemos usado remedios caseros o medicinas de la industria farmacéutica elaborados con alguna de las 350 especies de hongos medicinales probadas exitosamente en tratamientos de 150 enfermedades diferentes.



A pesar de esta relación tan cercana con la vida cotidiana, que inició desde la prehistoria, durante milenios el uso de hongos comestibles y medicinales dependía de que las personas salieran a colectarlos al campo en temporadas específicas del año. Por eso, es tan valioso el logro de aprender a cultivarlos con procesos y ambientes controlados.

La doctora María de Lourdes Acosta Urdapilleta, quien es académica del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (CIB-UAEM), es una de las precursoras en el cultivo de hongos comestibles y medicinales en México y en Morelos. Dedicada a este campo desde 1983, es conocida por algunos de sus colegas y alumnos como “La reina de la micología”.

Dos ejemplos del trabajo de la doctora Acosta Urdapilleta son sus análisis del valor del hongo orejita de cazahuate (*Pleurotus ostreatus*), que crece mucho en Morelos, como alimento nutraceutico, es decir, que aparte de ser nutritivo por su contenido de vitaminas, minerales y proteínas, también tiene propiedades que ayudan a la salud. Además, su equipo también ha



estudiado a otro hongo no comestible, del género *pycnoporus*, que tiene pigmentos y otras sustancias con propiedades antibacterianas.

“Yo me especialicé mucho en el cultivo de *Pleurotus*, de setas o de lo que nosotros llamamos la ‘orejita de cazahuate’. Así fue como llegué a la micología. Estuve un poquito de tiempo en taxonomía, durante mi servicio social y posteriormente ya entré a cultivo de hongos, a manejar cepas, a ir al campo a recolectar y a empezar a hacer los pininos de los cultivos de hongos. Hoy considero que mi legado es un curso de capacitación para productores que en pocos días permite empezar a cultivar hongos comestibles y medicinales y me siento orgullosa de que muchos de mis exalumnos hoy son productores”, comenta la científica mexicana, quien nació en la Ciudad de México, pero llegó a vivir a Xochitepec, Morelos, cuando tenía entre cinco y seis años de edad.

Segunda de cuatro hermanas; María de Lourdes no tenía familiares que hubieran estudiado biología o se dedicaran a la ciencia: su papá estudió Ingeniería Civil y su mamá Contabilidad. Pero ella, desde la primaria, tenía una poderosa curiosidad hacia la naturaleza:

“Recuerdo que, en Xochitepec, ponía hojas de plantas en un cuaderno y les dibujaba el contorno. Veía que unas estaban dentadas; otras tenían forma de corazón, y me la pasaba dibujándolas. Prácticamente era como hacer mi herbario, pero de niña yo no lo sabía. También hacía mis travesuras con animales. Había muchos alacranes y entonces yo los capturaba, los ponía en botes y veía qué comían”, recuerda la bióloga con una sonrisa que se dibuja en sus labios y ojos.

Al hablar de los desafíos que implicó el ser mujer científica en Morelos, sumado a trabajar con productores agrícolas, en contextos productivos con pocas mujeres, la doctora recuerda que en muchas comunidades los productores no le hablaban directamente, sino que le dirigían la palabra a cualquier otro hombre universitario que la acompañara, aunque fuera ella la líder del grupo o quien impartía cursos. También sonríe cuando recuerda que otros campesinos se referían a ella como la secretaria de los otros investigadores.

“Nunca he sido muy radical en términos de género y sabía que así eran sus usos y costumbres. Pero es verdad que como mujer sí viví complicaciones para hacer salidas a campo, tomar becas de estudio en otros lugares e incluso tuve que pausar mis estudios al ser madre de dos hijos. Pero me siento afortunada porque cuando mis hijos crecieron volví a retomar mis estudios e hice el Doctorado. Si me preguntaran si volvería a hacer este mismo camino, diría que sí”, cuenta antes de subrayar que ella se considera una científica hecha 100 % en la UAEM, que “trae bien puesta la camiseta” y que, a pesar de no haber nacido en este estado, se siente totalmente morelense. **H**





Cornamentas de venado (*Odocoileus virginianus*) utilizadas como adorno.

# Venados en Morelos

## Historias y usos tradicionales

Biol. Balam Quitze Vargas Sánchez | [balam.vargas@uaem.edu.mx](mailto:balam.vargas@uaem.edu.mx)

Dr. Alejandro García Flores | [alejandro.garcia@uaem.mx](mailto:alejandro.garcia@uaem.mx)

Universidad Autónoma del Estado de Morelos

Dr. Leonardo A. Beltrán Rodríguez | [leonardo.beltran@ib.unam.mx](mailto:leonardo.beltran@ib.unam.mx)

Jardín Botánico-Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México

**E**n los bosques y selvas secas, habita un animal fenomenal que ha cautivado el corazón y la imaginación de aquellos que tienen el privilegio de observarlo. Más allá de su belleza natural, este majestuoso ejemplar desempeña funciones vitales en los ecosistemas. Contribuye a la dispersión de semillas y es un eslabón clave en la cadena alimenticia. Además, posee una profunda

importancia cultural, siendo protagonista en mitos, leyendas y tradiciones arraigadas en diversas culturas. A este increíble animal, los científicos le llaman *Odocoileus virginianus*, y de forma más coloquial se le conoce como venado cola blanca.

Al sur de Morelos, en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, existen comunidades campesinas que practican la cacería de subsistencia. Esta actividad les permite complementar su dieta y fomenta la convivencia entre sus integrantes. Entre las especies cazadas, el venado destaca como la más valorada debido a la cantidad de alimento que proporciona y a su exquisito sabor. Los cazadores de Puente de Ixtla y Tlaquiltenango transmiten de generación en generación, relatos fascinantes relacionados con el venado:

**Curación mística:** Algunos cazadores narran que, cuando disparan a un venado pero no logran abatirlo, el animal se dirige hacia los cuerpos de agua donde, según la creencia, es curado por ángeles que limpian sus heridas y les aplican hierbas curativas.

**Venados astutos:** Existen historias sobre venados que disfrutaban confundir a los cazadores. Estos animales conducen a los cazadores por largos recorridos, llevándolos a lugares desconocidos que complican su retorno a casa.

**Piedras de poder:** Uno de los relatos más arraigados en Morelos y en el país habla sobre una “piedra con poder” que se encuentra dentro de los “venados con virtud”. Estos ejemplares son los más grandes y cuentan con mayor número de puntas en las astas, pero son los más difíciles de cazar. Se dice que la piedra puede hallarse dentro del estómago. Según la creencia, encontrar una de estas piedras otorga suerte para futuras cacerías. Para mantener su poder, las piedras deben “alimentarse” con la sangre de nuevos venados cazados.

Las creencias de estos pueblos transformadas en relatos e historias nos permiten apreciar el profundo vínculo que existe entre los seres humanos y el venado.

## Usos tradicionales

Además de su importancia cultural, los venados cazados tienen diversos usos, ya que estos satisfacen diferentes necesidades de las comunidades.

**Alimenticio:** Existe una amplia variedad de platillos tradicionales, el favorito por la mayoría es el caldo, pero existen muchas otras recetas como prepararlo en bistec, carne seca, encebollado, barbacoa, huaxmole e incluso recientemente hamburguesas.

**Medicinal:** Diferentes partes del venado se emplean para tratar algunos padecimientos. Para la epilepsia beben la sangre de estos ejemplares, esto también dicen que sirve para mejorar la salud del corazón. Para curar resfriados, calientan la grasa y la utilizan como ungüento, en pecho espalda y nariz. Para el dolor de muela trituran el asta y aplican el polvo resultante en la muela.

**Herramienta:** Con los derivados del venado se pueden elaborar herramientas. Por ejemplo, las astas se pueden utilizar como agujas para abrir costales, o toda la cornamenta puede servir de perchero. Las



Caldo de venado (*Odocoileus virginianus*).



Patas de venado (*Odocoileus virginianus*).

extremidades se utilizan para fabricar fuetes para los caballos, mangos de cuchillo y para hacer percheros. El hueso de las patas sirve de piscalón para deshojar el maíz.

**Otros usos:** Los venados también son apreciados como animales de compañía, amuletos de buena suerte y ornamentos.

Como pudimos apreciar, el venado cola blanca no solo es una especie que cumple una función biológica clave en los ecosistemas de Morelos, sino que también representa un elemento social que forma parte fundamental de la cultura y las tradiciones locales en el estado de Morelos; lo que en conjunto manifiesta históricas relaciones entre comunidades humanas y su entorno natural. **H**



Cráneo de venado (*Odocoileus virginianus*) que sirve como perchero.



Piedra de poder/virtud del venado (*Odocoileus virginianus*).



**MORELOS**

LA TIERRA QUE NOS UNE

GOBIERNO DEL ESTADO  
2024 - 2030

# caravanas

DEL PUEBLO

## LLEGAN A TU COMUNIDAD

El Gobierno de Morelos te invita a recibir atención médica, asesoría en apoyos sociales, orientación educativa, cultural y mucho más.

Todos los servicios son gratuitos y están pensados para *tu bienestar*.



# SERVICIOS



*Consultas*  
y vacunas  
gratuitas



*Apoyo*  
psicológico  
y familiar



*Actividades*  
culturales  
y recreativas



*Orientación*  
educativa  
y registro

**¡Espéralas pronto en tu comunidad!**

[www.morelos.gob.mx](http://www.morelos.gob.mx)



Una de las decisiones más difíciles y controversiales de mi vida fue decidir si estudiar ciencia o no sería bueno para mí; aun nadando contra marea, le dije sí a la ciencia. Aunque en mi camino no todo ha sido fácil, creo que he gozado de los beneficios y oportunidades que anteriormente la mujer no tenía dentro del mundo científico.

# Una mujer de ciencia

Karolain Herrera | [thaiherrera0@gmail.com](mailto:thaiherrera0@gmail.com)  
 Estudiante de la Licenciatura de Biología\*  
 Universidad Autónoma del Estado de Morelos

*Hay que mejorar las condiciones sociales, compartir más las cargas familiares. Si se hace, en un futuro no muy lejano, la mujer ocupará el lugar que le corresponde.*

**Margarita Salas**

Es importante mencionar que a lo largo de la historia, las mujeres han jugado un papel importante en el desarrollo de la ingeniería, avances científicos, innovaciones tecnológicas y soluciones matemáticas; en estas disciplinas destacaron personajes como Marie Curie, Ada Lovelace, Julieta Fierro, Lourdes Segura y Carolina Rocha. Sin embargo, el camino de las mujeres en la ciencia no ha sido fácil; en un principio no tenían acceso a la educación y estudiar una carrera profesional era mal visto. A pesar de ello, en la actualidad y con ayuda de muchas mujeres, contamos con un mayor número de oportunidades dentro del ámbito científico. Personalmente creo que aún falta un largo camino por recorrer, y mucho más, lograr un avance en el trato equitativo entre hombres y mujeres.

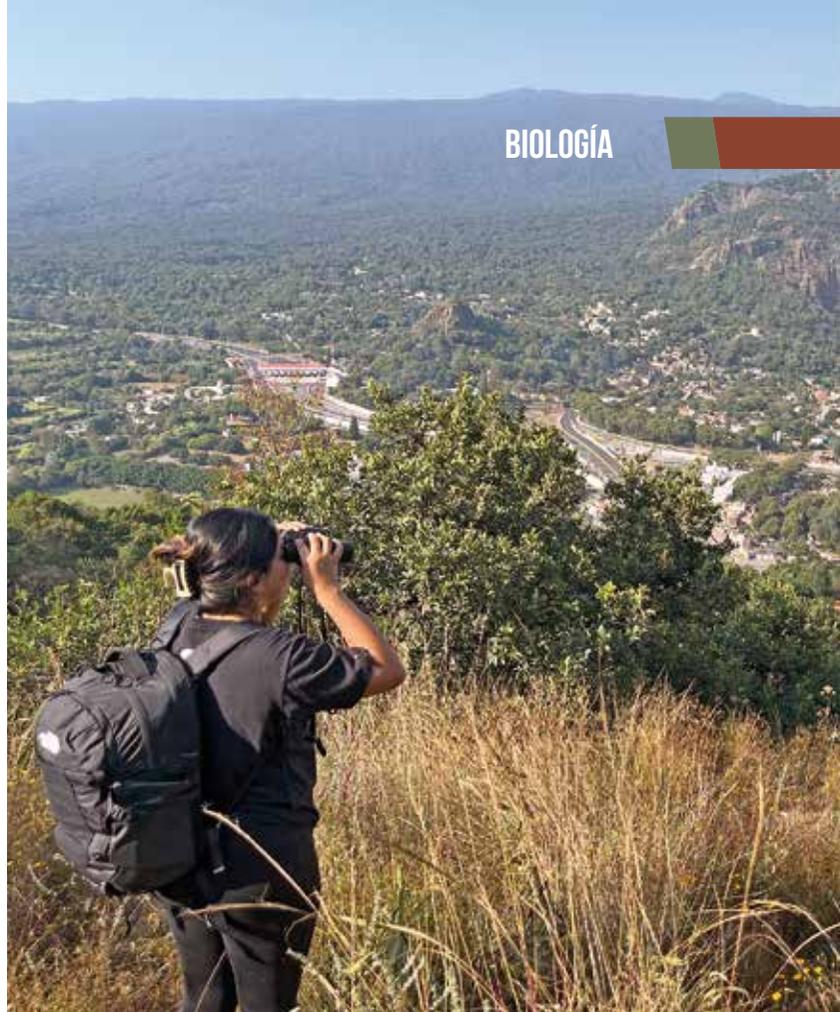
Si bien es cierto que en la actualidad existen aspectos sociales que repercuten de forma negativa en el desarrollo y crecimiento de las niñas y mujeres, tanto



personal como profesionalmente; dichos aspectos pueden ser la violencia y la discriminación. Asimismo, estas presentan una relación demasiado estrecha con las ideas estereotipadas, es decir, con los estereotipos de género, presentes en la sociedad, familia, escuela y trabajo; en los que se cree que las mujeres son poco aptas para el estudio de las ciencias. Estas creencias generan ideas erróneas en la sociedad, principalmente en nosotras; es por ello que continúan las demandas para lograr que las personas tengan las mismas oportunidades de reconocimiento profesional por su talento y esfuerzo.

Por mucho tiempo, tanto en la ciencia como en otras áreas, las mujeres han sido relegadas a un segundo plano, incluso cuando su aporte es equivalente o superior al de sus colegas hombres, esto se refleja en que, según la UNESCO, actualmente menos del 30 % de los investigadores a nivel mundial son mujeres, por lo tanto, me hago la siguiente pregunta: *¿Cuál es el papel de la mujer en la ciencia?* La respuesta es muy sencilla, no existen roles predeterminados en la ciencia según el género, la identidad sexual o el origen étnico. Las mujeres pueden llegar a desempeñarse en el rol que deseen dentro de la ciencia, y cualquier otro disciplina.

Gracias al arduo trabajo y desempeño de todas las científicas, se ha logrado tener avances en el trato equitativo dentro de la ciencia, por ejemplo:



Desde 2015, la asamblea general de las Naciones Unidas proclamó el 11 de febrero como Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia, para impulsar el acceso y la participación plena y equitativa de ellas en este campo.

En el presente tengo la oportunidad de estudiar una carrera profesional relacionada a la ciencia y ser parte de un laboratorio de investigación, y con ello día a día poder desarrollarme de manera personal y profesional de la mano de mis compañeras y compañeros.

Como mujer de ciencia, desde un principio he considerado las oportunidades que se me brindan con los conocimientos científicos que he logrado obtener durante la licenciatura, y en un futuro, de mis posgrados. Mis objetivos como profesional son contribuir a la ciencia y a la sociedad, para en algún futuro, formar parte del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) y ser una posible fuente de inspiración para las niñas y mujeres de las nuevas generaciones. **H**

\* Actualmente realiza su tesis en la revisión taxonómica de la Tribu Mimosae de la subfamilia *Caesalpinioideae* (Fabaceae) en el Estado de Morelos.

# Cambios para romper el Techo de cristal

Staff Hypatia

**A**lcanzar una equidad duradera entre mujeres y hombres, en el campo de la investigación, todavía requiere de más cambios legales, culturales y laborales. Tres investigadoras que laboran en Morelos nos comparten sus reflexiones sobre acciones para romper barreras que persisten e imponen a las científicas un Techo de cristal.



## Dra. Gabriela Mendizábal Bermúdez

Presidenta de la Academia de Ciencias Sociales y Humanidades del Estado de Morelos (ACSHEM). Profesora-Investigadora de la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM).

Las mujeres nos incorporamos de manera tardía a la investigación en Ciencias Sociales porque debemos conciliar entre la maternidad, la vida familiar y laboral. Las mujeres se deben organizar mucho para continuar sus estudios hasta alcanzar los grados académicos que se exigen para investigar; además de superar la dificultad para acudir a Congresos y Seminarios de su especialidad fuera del lugar de residencia.

Después, existe un techo de cristal que todavía se ve, porque ya hay mayoría en la matrícula de mujeres estudiando carreras de ciencias sociales, pero muy pocas llegan a los comités de evaluación donde se asignan las plazas laborales.

En la UAEM acabamos de elaborar un protocolo para la Cultura de paz y la atención a las violencias en nuestra universidad, donde hay una fracción para que la universidad promueva la paridad, a través del aumento en la presencia e inclusión de mujeres y grupos históricamente subrepresentados, en espacios académicos, administrativos y escolares, donde su presencia ha sido limitada. Esperamos que esto también nos ayude a tener una presencia más equitativa entre hombres y mujeres en investigación en ciencias sociales. Y nunca hay que olvidar que, a través de las universidades, poco a poco se cambian los entornos sociales.



## Dra. Daniela Elizabeth Ledezma Tejeida

Especialista en Genómica computacional. Centro de Ciencias Genómicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (CCG-UNAM).

La figura del investigador es una figura viejísima y fue concebida para un hombre, que tenía en casa quien le hiciera las labores de cuidado. Para las mujeres hay varias barreras que nos detienen en la carrera de investigación; una es simplemente el tiempo. Dentro de la matrícula de académicos de la UNAM, en donde hay más igualdad es en técnicos académicos, y los técnicos académicos son la posición académica que tiene menor responsabilidad y pueden dedicar tiempo a cuidar a sus familias. Por eso muchas mujeres seleccionan esos trabajos.

Para ser investigadora tienes que hacer una maestría, un doctorado, un postdoctorado y luego buscar la posición de investigador, eso puede tomar más de 15 años de tu vida. Sobre esto, hay artículos en revistas científicas internacionales, sobre cómo las mujeres que aspiran a hacer investigación, cada vez más, congelan sus óvulos.

A nivel institucional ya existen muchos esfuerzos para promover la equidad, pero nada va a cambiar hasta que el trabajo de cuidados se reparta 50-50 entre hombres y mujeres. Es un cambio cultural que se podría promover en Morelos, donde hay muchos Centros de Investigación y podría hacer eco en muchas investigadoras.



## Ing. Candy Cornejo Jiménez

Geóloga. Especialista en Geotermia. Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INEEL).

Recuerdo que en la Universidad éramos, en Geología, la mitad de mujeres y hombres. Pero en 10 años de carrera laboral sólo hemos sido diez por ciento mujeres en los trabajos en que yo he estado. Creo que esto tiene que ver con sesgos de género, pero no porque en las áreas no quieran contratar mujeres sino porque hay varias cosas en el recorrido de la vida de una mujer que le impiden viajar tanto y estar aislada.

Además, hay falta de espacios laborales para todos; no sólo no hay para mujeres. La oferta laboral para nuevos investigadores es poca y cuando se abren son proyectos temporales por unos meses o años.

Yo creo que ahora vivimos en un buen momento por el aumento del interés de las niñas en temas sobre ciencia, pero todavía hay que solucionar la falta de movilidad laboral. Son muy pocos los nuevos ingresos a plazas de investigadoras. En los centros de investigación es difícil encontrar dónde colocarte. Y si ya entraste puedes ver que en muchas áreas donde la mayoría son mujeres se hace trabajo administrativo, pero si cuentas quiénes de ellas tienen los cargos técnicos, son muy poquitas. **H**

# Virus del Papiloma Humano

## ¿Cómo me afecta?, ¿cómo se previene y atiende?

**Dr. Adolfo Pedroza Saavedra** | [apedroza@insp.mx](mailto:apedroza@insp.mx)

**Dra. Lilia Chihu Amparan** | [lichihu@insp.mx](mailto:lichihu@insp.mx)

Centro de Investigación Sobre Enfermedades Infecciosas.

Instituto Nacional de Salud Pública

**Dra. Hilda M. González Sánchez** | [hilda.gonzalez@insp.mx](mailto:hilda.gonzalez@insp.mx)

Centro de Investigación Sobre Enfermedades Infecciosas, Instituto

Nacional de Salud Pública; Secretaría de Ciencia, Humanidades,

Tecnología e Innovación (SECIHTI)

**L**a infección por el Virus del Papiloma Humano (VPH) afecta tanto a mujeres como a hombres, estos últimos son los principales transmisores. La transmisión del VPH ocurre esencialmente a través del contacto íntimo durante las relaciones sexuales cuando no se utiliza condón. La probabilidad de contraer esta infección aumenta con el inicio temprano de la vida sexual, tener múltiples parejas sexuales con las cuales no se usa algún método anticonceptivo de barrera y, la falta de circuncisión. Existen VPHs de alto y bajo riesgo. Los de alto riesgo están asociados a diversos cánceres como el cervicouterino y, los de pene, de ano y de cabeza y cuello. Los de bajo riesgo suelen causar verrugas genitales y verrugas comunes en otras partes del cuerpo.

## ¿Cómo se detecta la infección por VPH?

Se detecta mediante observación de verrugas genitales visibles, la prueba de Papanicolaou y pruebas específicas para detectar el ADN del VPH.

### ¿Cuáles son los síntomas?

Inicialmente la infección suele ser asintomática. Con el tiempo pueden aparecer lesiones como:

**Verrugas comunes:** aparecen en áreas como cuello, cara, párpados, manos y pies.

**Verrugas anogenitales:** protuberancias en los genitales, pubis o ano, de color carne, marrón o rosa, con forma de coliflor. También pueden encontrarse en boca o garganta tras el contacto sexual oral con una persona infectada.

**Cáncer cervicouterino, vaginal y vulvar:** puede manifestarse con sangrado vaginal o dolor en la pelvis.

**Cáncer de pene:** aparecen llagas, erupciones rojas o sangrado debajo del prepucio, protuberancias en la piel, secreción con mal olor y cambios en color y grosor de la piel.

**Cáncer de ano:** más común en personas que practican sexo anal, en hombres con VIH y en hombres que tienen sexo con hombres sin usar condón. Los síntomas abarcan dolor en la zona anal, picazón constante, sangrado rectal o anal, percepción de una protuberancia en el ano y heces delgadas.

**Cáncer de cabeza y cuello:** afecta áreas como boca, garganta, nariz, glándulas salivales y oído medio. Es importante estar atento a la recurrencia de úlceras, llagas o sangrado en la boca, dolor de garganta, bultos en las encías, dientes flojos, inflamación de la mandíbula, voz ronca, dificultad para masticar o tragar y pérdida de peso.

### Tratamiento

Actualmente no existe un tratamiento que elimine completamente al VPH. Las verrugas pueden ser tratadas mediante aplicación directa de medicamentos o cirugía. Algunas lesiones precancerosas en el cérvix pueden ser tratadas con congelamiento, cirugía o láser. En casos de cáncer anal, se pueden emplear cirugías, quimioterapia y radioterapia.

### Formas de prevención

Como medidas preventivas para reducir el riesgo de infección por VPH, se recomienda el uso de condón durante las relaciones sexuales, evitar el contacto sexual con personas que presenten lesiones genitales visibles, como verrugas, y la aplicación de la vacuna contra VPH.

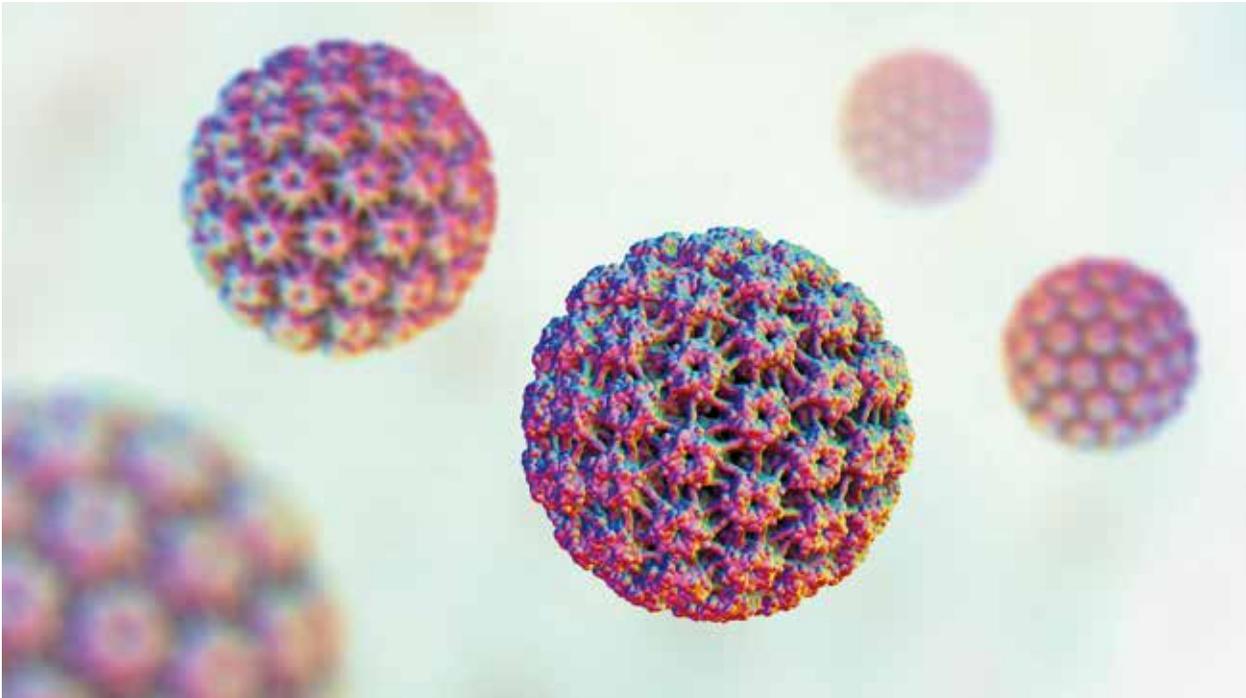


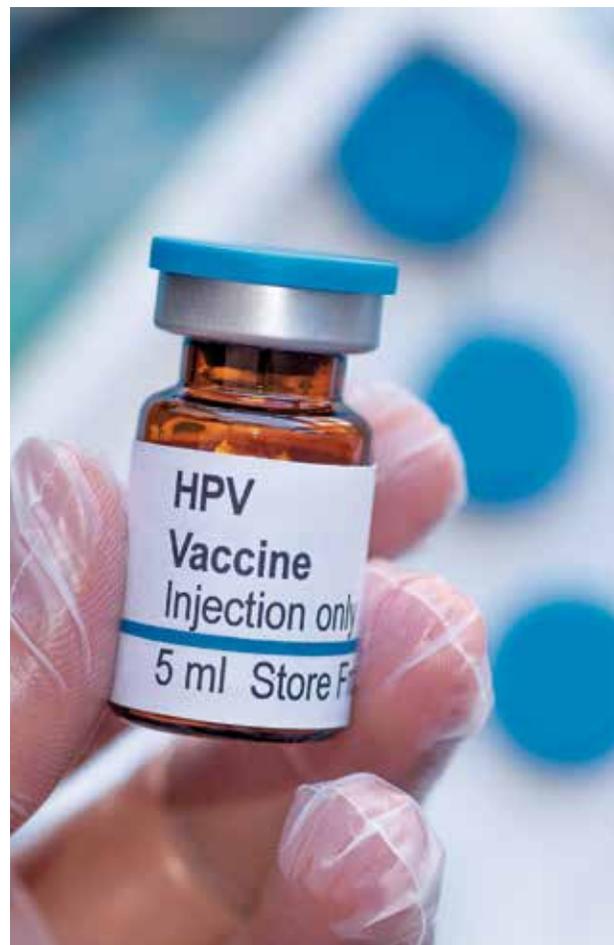
Imagen: Fundación Luis Pasteur.

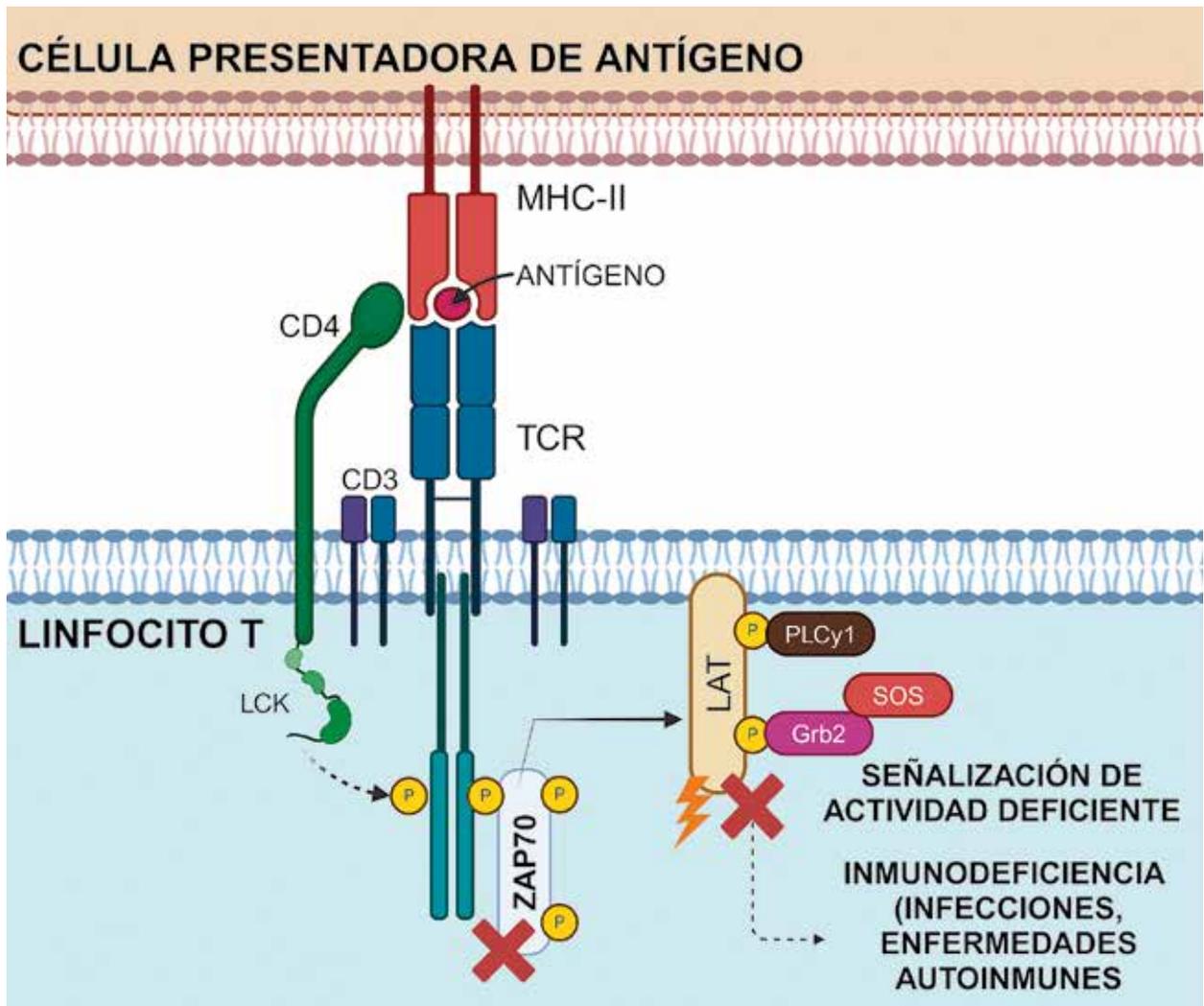
### Vacunas

Las vacunas contra el VPH están diseñadas para prevenir infecciones persistentes, verrugas genitales, lesiones anogenitales premalignas (en cérvix, vulva, vagina y ano) y cánceres asociados a VPHs de alto riesgo. Estas vacunas están aprobadas para su aplicación en mujeres y hombres desde los 9 hasta los 45 años, siendo más eficaces cuando se administran antes de la exposición al virus. Recientemente, en México, la Campaña Nacional de Vacunación contra VPH se realizó entre el 2 de septiembre y el 18 de diciembre de 2024, con el objetivo de aplicar más de un millón de dosis. Esta vacunación fue dirigida, entre otras, a niñas cursando el quinto grado de primaria y niñas de 11 años no escolarizadas, niñas rezagadas en sexto año, personas de 11 a 49 años con VIH y adolescentes de 12 a 16 años sin vacunación previa.

La vacuna está disponible en Centros de Salud del CENSA, IMSS, ISSSTE, PEMEX, SEDENA y Secretaría de Marina (El País).

Es fundamental recordar que, aunque la vacuna previene ciertos tipos de cáncer relacionados con el VPH, no cura infecciones ya existentes y no sustituye el examen de Papanicolaou, necesario a partir de los 21 años. **H**





# Los linfocitos T y la respuesta inmunitaria

## Enfermedades genéticas y terapias moduladoras

M.C. Carlos A. González Domínguez | [carlos.gonzalez@ibt.unam.mx](mailto:carlos.gonzalez@ibt.unam.mx)  
M.C. Lya Dinorah Gutiérrez Valenzuela | [lya.gutierrez@ibt.unam.mx](mailto:lya.gutierrez@ibt.unam.mx)  
Posgrado en Ciencias Bioquímicas, Universidad Nacional Autónoma de México  
Dr. Mario Cruz Muñoz | [mario.cruz@uaem.mx](mailto:mario.cruz@uaem.mx)  
Facultad de Medicina, Universidad Autónoma del Estado de Morelos  
Dra. Delia Vanessa López Guerrero | [vanessa.lopezg@uaem.mx](mailto:vanessa.lopezg@uaem.mx)  
Facultad de Nutrición, Universidad Autónoma del Estado de Morelos  
Dr. Iván Martínez Duncker Ramírez | [duncker@uaem.mx](mailto:duncker@uaem.mx)  
Centro de Investigación en Dinámica Celular, Universidad Autónoma del Estado de Morelos

**Figura 1.** Señalización del TCR en un linfocito T. La proteína ZAP-70 es esencial en la transducción de señales del receptor de células T (TCR). Tras la unión del TCR al complejo péptido-MHC en células presentadoras de antígeno, ZAP-70 se asocia a los motivos ITAM adicionales de las cadenas CD3 $\zeta$  del TCR. Una vez activada, ZAP-70 adiciona proteínas adaptadoras como LAT, facilitando la formación de complejos de señalización que activan vías downstream, fundamentales para la activación y diferenciación de los linfocitos T.

La respuesta inmunitaria es el mecanismo mediante el cual nuestro organismo identifica y combate agentes patógenos como las bacterias, hongos, virus, así como otras sustancias que considera extrañas y potencialmente dañinas. Este proceso es esencial para mantener la salud, incluyendo la prevención de infecciones y cáncer. Uno de los componentes del sistema inmunitario es una población de células conocidas como linfocitos T. La “T” hace referencia al *timo*, un órgano ubicado en

el pecho, donde estas células inician su maduración, antes de salir a la sangre.

Para iniciar su función, los linfocitos T deben “activarse”, lo cual es indispensable para eliminar patógenos, así como células dañadas o cancerosas. Esta activación depende de su capacidad para transmitir estímulos del exterior al interior de la célula, para lo cual es necesaria una molécula que está presente en su superficie, llamada Receptor de Células T (TCR).

El TCR une fragmentos de antígenos (moléculas que estimulan la respuesta inmunitaria, generalmente dañinas) presentados por las “células presentadoras de antígeno”, a través de otra molécula conocida como el complejo mayor de histocompatibilidad (MHC) (figura 1). La activación de los linfocitos T se caracteriza por la salida (secreción) desde su interior de moléculas llamadas citocinas.

Las citocinas son “mensajeros químicos” que las células del sistema inmunitario utilizan para comunicarse entre sí y coordinar sus acciones. Además, son esenciales para que los linfocitos T incrementen en número y se diferencien en distintos subtipos, lo cual es crucial para generar una respuesta inmunitaria eficaz y específica ante diversas situaciones.

## ¿Qué pasa cuando hay deficiencia en la función de los linfocitos T?

La capacidad de nuestro organismo para hacer frente a infecciones o a destruir la presencia de células cancerígenas, disminuye considerablemente, lo cual es considerado una inmunodeficiencia. Existen inmunodeficiencias “primarias” que están presentes desde el nacimiento, causadas por alteraciones en el material genético o ADN y “secundarias” originadas por distintas causas externas, incluyendo infecciones o enfermedades metabólicas como la diabetes.

Una de las inmunodeficiencias secundarias más conocidas es la provocada por la infección por el Virus de la Inmunodeficiencia Humana (VIH). Este virus infecta principalmente a un tipo de linfocitos T llamado T CD4+, lo cual va causando su destrucción y una reducción importante en su número dentro del

organismo a lo largo del tiempo de infección. Si no recibe tratamiento, surge un síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA), el cual se caracteriza por una vulnerabilidad mortal a infecciones o cáncer.

Por otro lado, en el caso de las inmunodeficiencias primarias, el Doctor Mario Cruz Muñoz, que dirige el Laboratorio de Inmunología Molecular de la Facultad de Medicina de la UAEM, diagnosticó, en colaboración con la Doctora Beatriz Llamas Guillén, pediatra inmunóloga del Hospital del Niño Morelense, a una niña con deficiencia en la activación de sus linfocitos T. (BA Llamas-Guillen et al. Clin Immunol 2017).

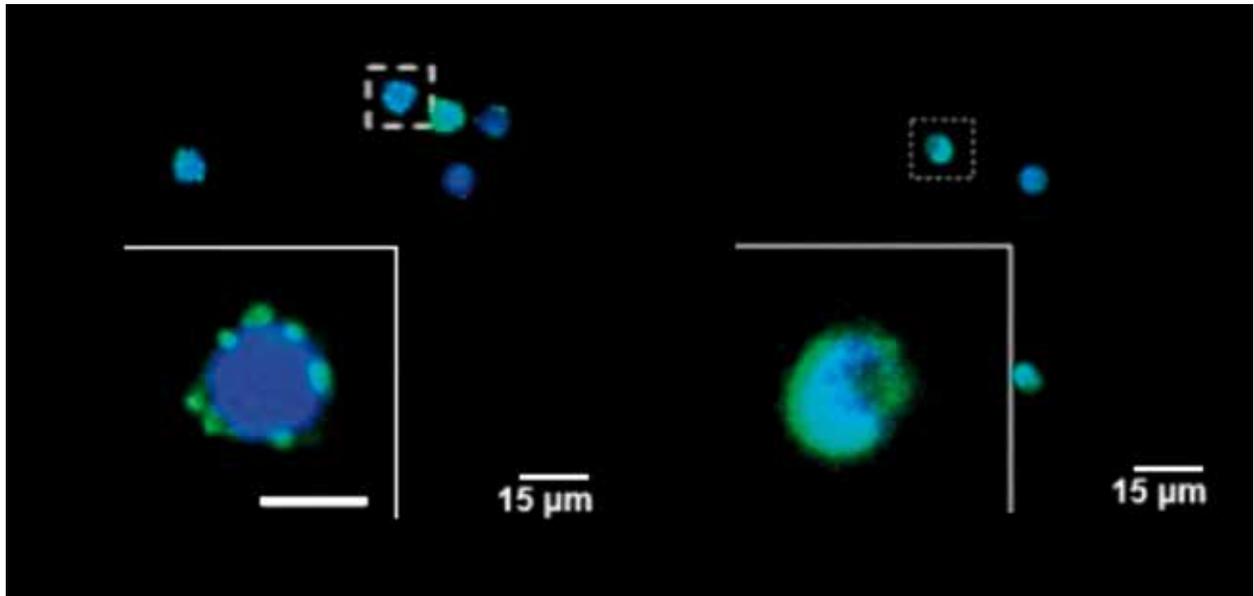
La paciente, de un año de edad, presentaba infecciones recurrentes, especialmente en los pulmones, así como diarrea constante. Se encontró que esto era provocado porque las instrucciones en su ADN contenían un error que causaba un malfuncionamiento de una proteína llamada ZAP-70, la cual es muy importante para que los linfocitos T puedan transmitir las señales externas al interior a través del TCR (figura 1).

## ¿Qué pasa cuando hay una activación excesiva de los linfocitos T?

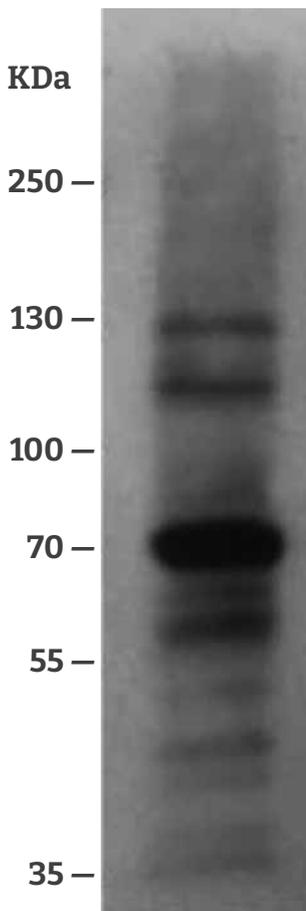
Una activación descontrolada de los linfocitos T puede llevar al sistema inmunitario a atacar tejidos y órganos propios, lo que resulta en enfermedades autoinmunes. En estas condiciones, los linfocitos T reconocen erróneamente componentes del propio organismo como amenazas, iniciando una respuesta inmunitaria contra ellos, la cual no se detiene. Éste es el caso de la artritis reumatoide que afecta entre 0.3 y 1.2 % de la población.

En la artritis reumatoide los linfocitos T se activan al reconocer moléculas propias como extrañas, secretando citocinas en las articulaciones, como el Factor de Necrosis Tumores (TNF), causando junto con otras células llamadas macrófagos, una inflamación crónica y destrucción del tejido sinovial que reviste las articulaciones, provocando dolor y discapacidad.

Uno de los tratamientos más revolucionarios para tratar la artritis reumatoide es la administración de anticuerpos anti-TNF, moléculas que específicamente se



**Figura 2.** Microscopía confocal mostrando ácido polisiálico. La imagen de microscopía confocal muestra la distribución del ácido polisiálico en la superficie de linfocitos. En linfocitos en reposo (superior), se observan agregados de ácido polisiálico en la membrana plasmática. Tras la activación, estos agregados se dispersan por la superficie celular (inferior), indicando una reorganización asociada a la activación linfocitaria.



van a unir al TNF en el cuerpo y bloquear su acción, permitiendo con ello que la respuesta inmunitaria reduzca su grado de actividad y con ello la inflamación y sus consecuencias.

En el laboratorio de glicobiología humana y diagnóstico molecular del Centro de Investigación en Dinámica Celular, de la UAEM, dirigido por el Doctor Iván Martínez Duncker, identificamos que los linfocitos T contienen un polímero de carbohidratos llamado ácido polisiálico (figura 2 y 3). El ácido polisiálico se había descrito principalmente en el cerebro donde desempeña roles cruciales en su desarrollo. Por lo que el descubrimiento de que los linfocitos T también lo expresan fue sorprendente.

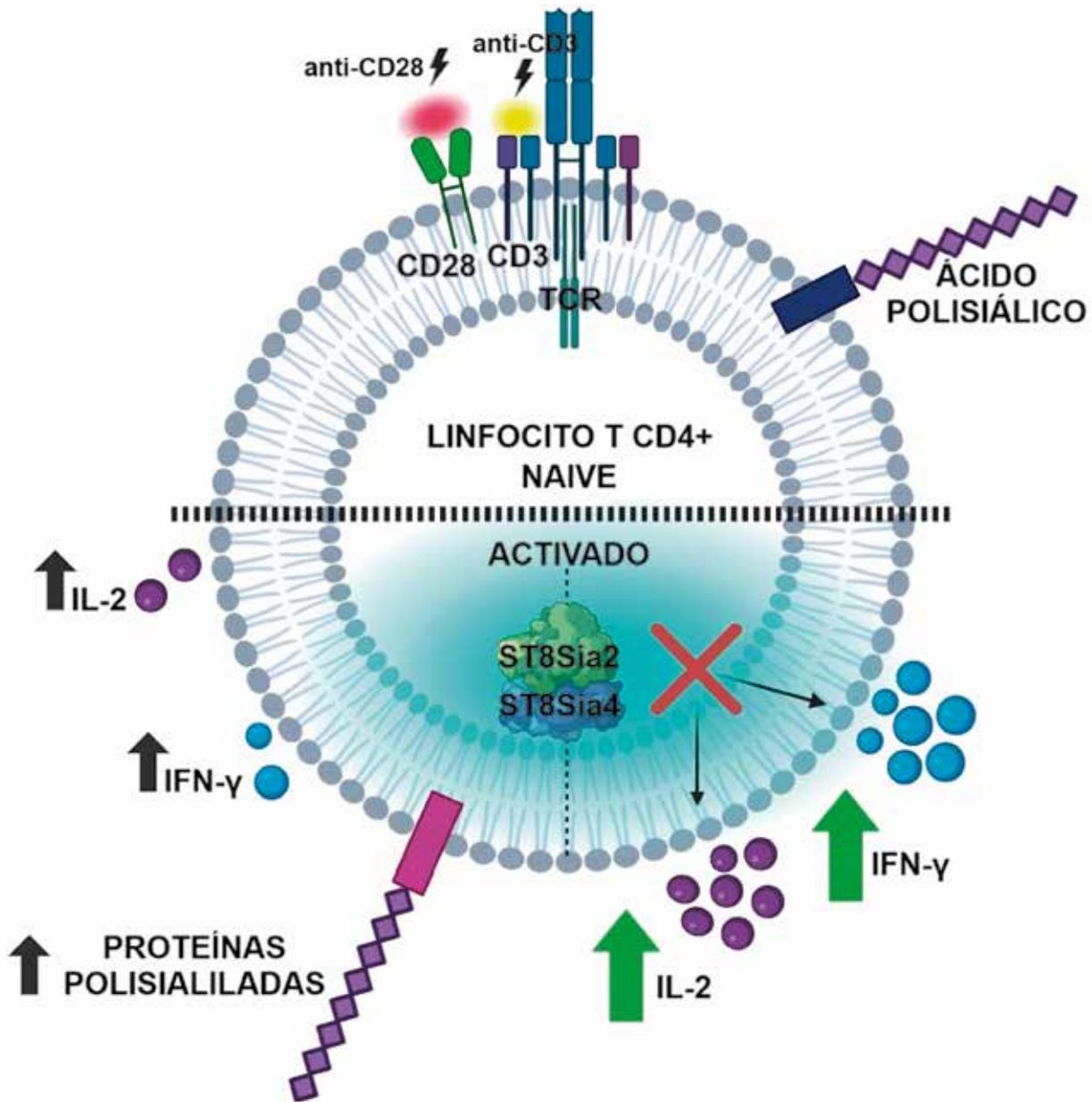
Este descubrimiento nos llevó a realizar experimentos donde

evitamos que los linfocitos T CD4+ formaran el ácido polisiálico al ser activados, mediante la inhibición de la formación de las proteínas encargadas de producirlo, llamadas polisialiltransferasas 2 y 4 (ST8Sia2 y ST8Sia4).

Observamos que ello causó una activación excesiva, resultando en un incremento significativo en la producción de citocinas, específicamente de interferón gamma (IFN- $\gamma$ ) e interleucina 2 (IL-2) (Villanueva-Cabello TM et al. *Glycobiology* 2019) (figura 4).

En este caso, el IFN- $\gamma$  es un mensajero que ayuda a alertar y activar otras células del sistema inmunitario, lo cual es útil para combatir infecciones, no obstante, si se produce en exceso, puede causar inflamación excesiva que daña los tejidos del cuerpo.

Por otro lado, la IL-2 es una citocina que estimula el crecimiento y multiplicación de los linfocitos T, y aunque esto es esencial para defendernos de infecciones, una cantidad excesiva de esta molécula puede hacer que el sistema inmunitario ataque al propio cuerpo, provocando inflamación o incluso enfermedades autoinmunes. Por otro lado, estos resultados señalan una función del ácido polisiálico como regulador de



la activación de estas células, evitando que éstas produzcan daño en lugar de protegernos.

Actualmente, apoyados por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías en su convocatoria de Ciencias Básica y de Frontera (proyecto CBF2023- 2024-2701) estamos investigando junto con el Doctor Mario Cruz Muñoz y la Doctora Vanessa López Guerrero de la Facultad de Nutrición de la UAEM cómo el ácido polisiálico favorece esta función reguladora en los linfocitos T. Para dar respuesta a estas preguntas, los Maestros en Ciencias Lya Dinorah

Gutiérrez Valenzuela y Carlos Alberto González Domínguez, ambos del Posgrado en Ciencias Bioquímicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, están desarrollando su tesis de doctorado.

El objetivo de esta investigación es comprender en detalle cómo el ácido polisiálico ejerce su función reguladora, para desarrollar nuevas terapias capaces de normalizar la respuesta del sistema inmunitario en enfermedades donde los linfocitos T están sobre-activados o, por el contrario, presentan una actividad deficiente. **H**

# Cerebros moleculares de bacterias

## Las proteínas de la familia LysR participan en la patogénesis bacteriana

Mtra. Yitzel Gama Martínez | yitzel.gama@ibt.unam.mx  
 Dr. Victor Manuel Hernández López | victor.hernandez@ibt.unam.mx  
 Dr. Ismael Hernández Lucas | ismael.hernandez@ibt.unam.mx  
 Instituto de Biotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México

La información necesaria para la formación y funcionamiento de todos los seres vivos está codificada en el ADN (Ácido desoxirribonucleico). El ADN es controlado por proteínas reguladoras que actúan en respuesta a estímulos ambientales, promoviendo el encendido o apagado de genes en condiciones específicas, con la finalidad de proporcionar al microorganismo la capacidad de sobrevivir ante adversidades. La familia de proteínas reguladoras del tipo LysR (LTTRs) está distribuida ampliamente en bacterias. A pesar de ello, su

presencia no es universal; ya que se ha reportado su ausencia en algunas bacterias patógenas de humanos como *Chlamydia trachomatis* que provoca infecciones vaginales y en *Helicobacter pylori*, el agente causal de gastritis, úlcera péptica y cáncer gástrico.

La abundancia de los LTTRs está relacionada con la diversidad de procesos en los que están implicados. Estos reguladores participan en el control transcripcional de genes asociados con el metabolismo central, síntesis y transporte de aminoácidos, respuesta a estrés oxidativo, envoltura celular, virulencia, entre otros procesos (figura 1). Diversos reportes han indicado la participación de los LTTRs en la virulencia de *Vibrio cholerae*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Salmonella Typhi* (*S. Typhi*), el agente causal de la fiebre tifoidea.

En nuestro grupo de trabajo hemos caracterizado el papel del LTTR LeuO en *S. Typhi*. Observamos que LeuO participa en motilidad, formación de biofilm, envoltura celular, inmunidad bacteriana (CRISPR/Cas) así como en la detoxificación de compuestos tóxicos. Un segundo LTTR descrito en nuestro laboratorio corresponde a LtrR, el cual está involucrado en la resistencia a bilis humana y transformación bacteriana. Estos estudios han demostrado el papel de los LTTRs en la vida libre y patogénica de *S. Typhi*.

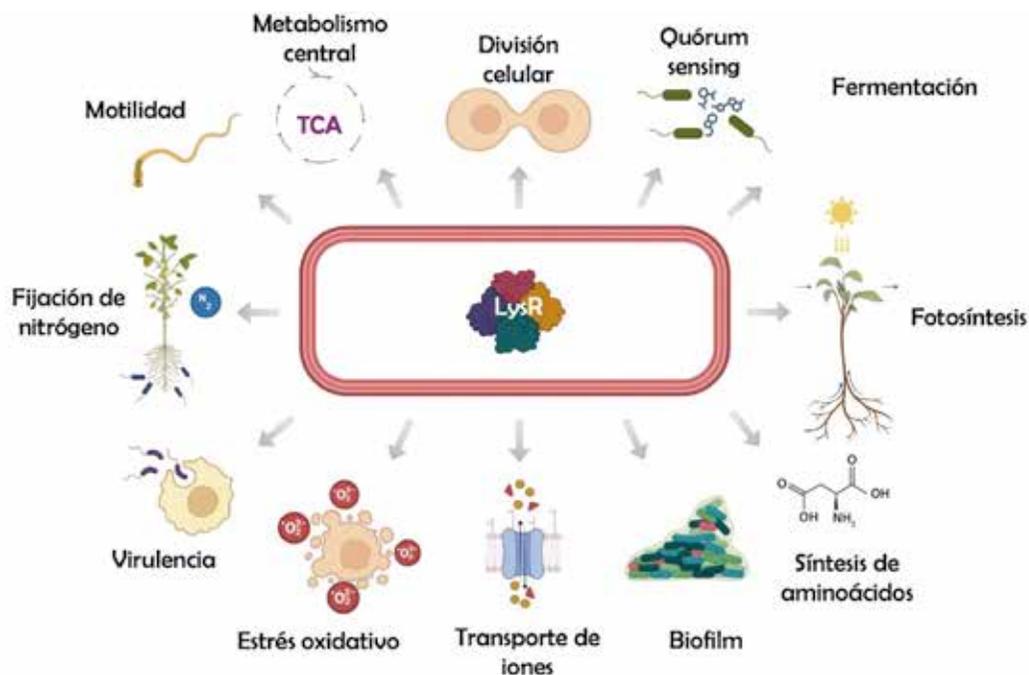
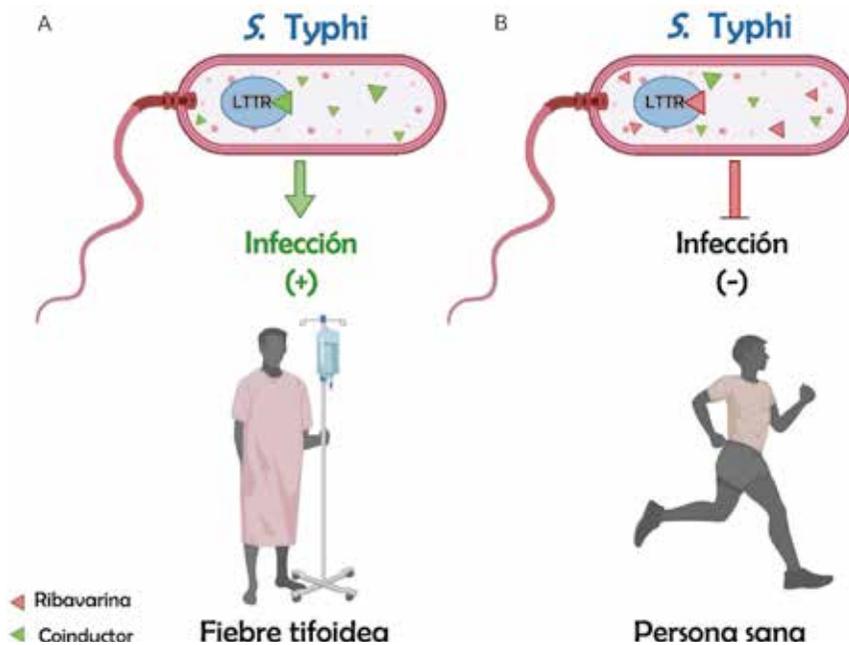


Figura 1. Papel funcional de los LTTRs en procesos biológicos esenciales. (Hernández-López, 2025)



**Figura 2.** En el panel A, se muestra el complejo LTTR-conductor, el cual activa genes de virulencia en *S. Typhi* para inducir fiebre tifoidea. En el panel B, se esquematiza el complejo LTTR-ribavarina, el cual es incapaz de inducir genes de virulencia debido a que la ribavarina inhibe la interacción del coinductor con el LTTR. De esta manera se inhibe la inducción de la fiebre tifoidea. (Hernández-López, 2025)

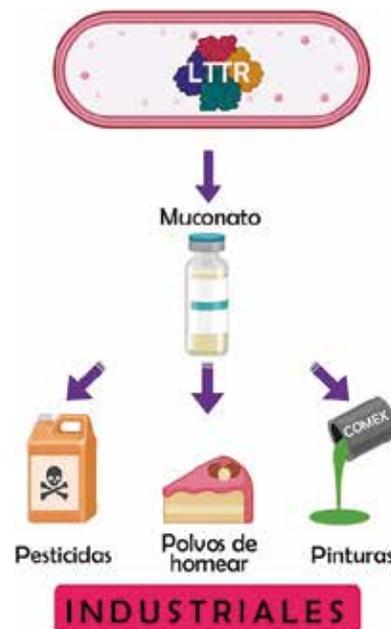
Debido a que los LTTRs han generado información novedosa en *S. Typhi*, y dado que 26 de los 44 LTTRs presentes no han sido caracterizados, nos hemos enfocado en determinar los procesos biológicos en los que podrían estar implicados los LTTRs no caracterizados. Nuestros resultados indican que existen LTTRs exclusivos del género *Salmonella*. Así mismo hemos determinado que están implicados en la síntesis de la envoltura celular, la formación de biofilm, motilidad, resistencia a temperaturas altas así como en la sobrevivencia a péptidos catiónicos antimicrobianos y bilis humana. Por lo anterior es evidente que los LTTRs juegan un papel relevante en la biología de *S. Typhi*.

## Aplicaciones médicas, agrícolas y biotecnológicas

La abundancia y papel de los LTTRs ha despertado interés médico. En salud pública se ha demostrado el papel de los LTTRs en la virulencia de *S. Typhi*, *Acinetobacter baumani*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Vibrio cholerae*. Esto ha generado interés por la identificación de moléculas que inhiban la función de LTTRs, y prevenir enfermedades producidas por los patógenos mencionados. Recientemente se ha demostrado que el fármaco ribavarina interactúa con LTTRs de *Vibrio cholerae* y *S. Typhi* e inhibe su virulencia. Lo anterior denota que los LTTRs pueden ser utilizados como blancos terapéuticos para prevenir enfermedades infecciosas (figura 2). Bajo el mismo enfoque, en la industria agrícola se están buscando inhibidores que

se unan a LTTRs y prevenir la virulencia de bacterias patógenas de cítricos.

En el área industrial se ha desarrollado un biosensor basado en el LTTR CatR que permite seleccionar cepas productoras de muconato. Este compuesto es utilizado en la producción de pesticidas, pinturas y polvos de hornear (figura 3). El desarrollo de aplicaciones en la industria, remediación ambiental y medicina, indican la utilidad en la que los LTTRs pueden ser utilizados para resolver problemáticas de interés humano. **H**



**Figura 3.** Aplicaciones Industriales de los LTTRs. (Hernández-López, 2025)

# CIB-UAEM: origen y desarrollo con pertinencia ambiental y social

## Evaluación y conservación de la diversidad biocultural

Dr. Alejandro García Flores | [alejandro.garcia@uaem.mx](mailto:alejandro.garcia@uaem.mx)  
M. en C. Hortensia Colin Bahena | [ortencia.colin@uaem.mx](mailto:ortencia.colin@uaem.mx)

Dr. Rubén Castro Franco | [castro@uaem.mx](mailto:castro@uaem.mx)

Centro de Investigaciones Biológicas (CIB), Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

**E**l CIB es el primer centro de investigación de la UAEM que tuvo su origen en 1987, por la gestión de la Coordinación de Investigación Científica y Humanística, a cargo del entonces coordinador, el Dr. José Félix Frías Sánchez. Inicialmente llevó el nombre de Centro de Investigaciones Multidisciplinarias, y fue en 1988 cuando toma su nombre actual y se enfoca al estudio, manejo y conservación de los recursos naturales.

## Acervos científicos del CIB

Las colecciones biológicas incluyen plancton, el Herbario (HMORE), Herbario Micológico, la colección Entomológica Universitaria, las de Ictiología, Herpetología, Ornitología, Mastozoología, y el Jardín Botánico Estatal. Todos los acervos contienen bases de datos que se usan para la docencia, investigación y extensión, lo que permite ofrecer cursos y talleres a estudiantes y profesores de diferentes niveles educativos.

### Las líneas de investigación del CIB

1. Evaluación y conservación de la biodiversidad.
2. Manejo y uso sostenible de los recursos terrestres y acuáticos con base en la diversidad biocultural.

Ambas líneas apoyan acciones participativas de conservación, restauración y uso sustentable de la biodiversidad biológica y cultural.

## ¿Cuál es la incidencia del CIB en el Estado de Morelos?

La investigación del CIB incide en 24 municipios del estado: Amacuzac, Coatetelco, Coatlán del Río, Cuernavaca, Cuautla, Emiliano Zapata, Jiutepec, Jojutla, Huitzilac, Miacatlán, Puente de Ixtla, Temixco, Tepalcingo, Tetecala, Tetela del Volcán, Totolapan, Tlalnepantla, Tlaltizapán, Tlayacapan, Xochitepec, Xoxocotla, Yautepec, Zacatepec, Zacualpan de Amilpas, lo que representa el 65 % de municipios de la entidad. También desarrolla trabajo en los estados de Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Puebla y Ciudad de México.

El CIB también realiza estudios en Áreas Naturales Protegidas (ANP) como los Parques Nacionales Lagunas de Zempoala, El Tepozteco, el Corredor Biológico Chichinautzin, Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Parque Estatal Cerro de la Tortuga, Las Estacas, El Texcal y Barranca de Chapultepec. Todo ello genera información científico-técnica disponible para ser tomada en cuenta durante el diseño de políticas públicas orientadas al manejo y conservación de la diversidad biológica y cultural.

El CIB tiene un sólido programa de divulgación del conocimiento para el público en general, a través de los diferentes medios masivos de comunicación como: internet, radio, televisión y revistas de divulgación. También se atienden los entornos presenciales a través de talleres informativos, ferias de divulgación, conferencias, museos itinerantes, seminarios y congresos, con la finalidad de que este centro transmita los saberes y quehaceres relacionados con las Ciencias Biológicas, la comprensión de la biodiversidad y el manejo de los recursos naturales.

## ¿Cuál es la incidencia del CIB en los programas educativos de la UAEM?

El CIB es una Unidad Académica incluyente y reconocida por su trabajo y calidad. Tiene un programa de

Posgrado intitulado Maestría en Manejo de Recursos Naturales, el cual tiene su propio foro académico permanente denominado “Encuentro de experiencias del conocimiento en manejo y conservación de recursos naturales”. En el foro participan investigadores de México y de otros países, así como sus estudiantes y profesores. Se mantiene estrecha vinculación a través de la docencia, dirección de tesis, servicio social, seminarios de investigación y tutorías con programas educativos de las escuelas preparatoria No. 2 y de Técnicos Laboratoristas entre otros. Con licenciaturas, maestrías y doctorados a través de la Facultad de Ciencias Biológicas, la Facultad de Ciencias Agropecuarias, la Facultad de Arquitectura, la Escuela de Estudios Superiores El Jicarero, el Centro de Investigaciones en Biotecnología, el Centro de Investigaciones en Biodiversidad y Conservación y el Centro de Investigaciones en Ciencias Sociales y Estudios Regionales.

## La vinculación con la sociedad, instituciones de educación superior nacionales y del extranjero, y gobierno estatal y nacional

El CIB ha sido pionero en el trabajo con comunidades campesinas e indígenas como el Consejo de Pueblos

del Estado de Morelos, a quien ha acompañado con argumentos científico-técnicos en la defensa de los recursos naturales. También se ha dado acompañamiento al municipio de Tepoztlán, particularmente las comunidades de San Juan Tlacotenco con la “Feria de Hongo” y la “Fiesta de la Zarza y el Nopal”. En San Andrés de la Cal se han organizado diversas versiones del Festival de las Aves, a través del trabajo de los ornitólogos del CIB; lo cual permitió que el cabildo declarara a esta comunidad indígena como “Reservorio de Aves Migratorias”. También se ha participado en la exposición “San Andrés de la Cal, encuentro entre cultura y naturaleza” en el marco de la Feria Local del Ponche. En el municipio de Tepalcingo se han apoyado las Ferias de la Pitaya y la Ciruela, por mencionar algunas de las múltiples actividades de vinculación con la sociedad. En el campo del desarrollo tecnológico se han generado patentes utilizando organismos vivos como hongos y bacterias.

El CIB mantiene actividades de vinculación con la Universidad Nacional Autónoma de México a través del Instituto de Biología y la Facultad de Ciencias, El Colegio de la Frontera Sur, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Universidad Autónoma Metropolitana, Universidad Autónoma de Querétaro, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Universidad Autónoma de Nuevo León, Universidad de Guadalajara, Universidad Autónoma





## Servicios que el CIB pone a disposición de la sociedad

de Yucatán, Colegio de Posgraduados, Universidad Tecnológica del Mar del Estado de Guerrero y el Centro de Investigación Biomédica del Sur.

En el ámbito internacional se mantienen vínculos con la Universidad de Barcelona, la Sociedad Colombiana de Etnobiología, la Sociedad Mesoamericana para la Biología de la Conservación, Universidad Nacional de Colombia y la Red Latinoamericana en defensa del Patrimonio Biocultural.

Se colabora con el Gobierno de Morelos a través del Comité Estatal de Sanidad Vegetal, Consejo Estatal de Áreas Naturales Protegidas, Comisión Técnica del Área Natural Protegida Parque Estatal Urbano Barranca de Chapultepec, Comisión Técnica de Impacto ambiental de la Secretaría de Desarrollo Sustentable, Comité Estatal de Sanidad Forestal. Además con el Sub Consejo Académico del Área de Protección de Flora y Fauna, del COBIO Chichinautzin y el Consejo Asesor del Parque Nacional Lagunas de Zempoala coordinados por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).

La Feria de Divulgación Científica, dirigida principalmente a niños de primaria, donde participan como talleristas el personal académico del CIB, alumnos de la Maestría en Manejo de Recursos Naturales y algunos invitados de otras Unidades Académicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

- Talleres y recorridos en el Jardín Botánico Estatal de la UAEM para diferentes niveles educativos y para el público en general.
- Asesoría y capacitación en temas relacionados a la sanidad vegetal, control biológico, cultivo de hongos, identificación de flora y fauna, caracterización de suelos, jardines botánicos, turismo de aventura, medicina tradicional. Además de programas de ordenamiento ecológico e impacto ambiental.
- El personal académico y el estudiantado del CIB mantiene su compromiso con la sociedad y el gobierno en sus diferentes niveles, en la defensa y la conservación de la diversidad biocultural del estado de Morelos y del país. **H**

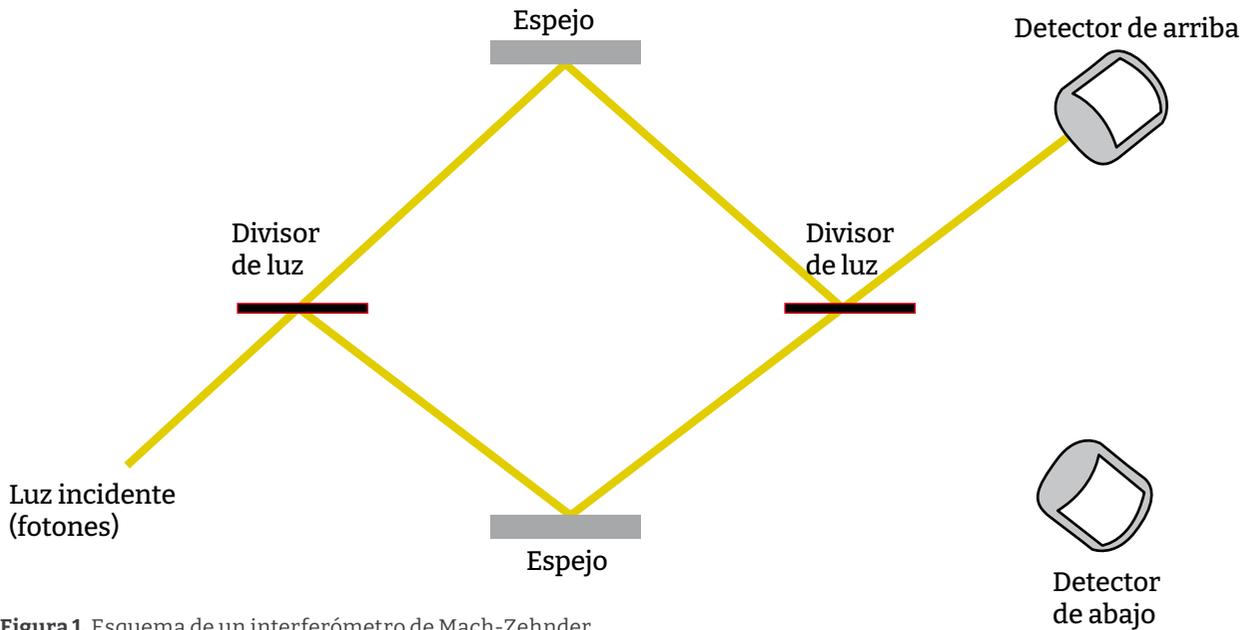


Figura 1. Esquema de un interferómetro de Mach-Zehnder.

# Bombas, fotones y paradojas cuánticas

Ejemplo teórico sobre cómo verificar si una bomba es funcional sin que explote

Dr. Carlos A. González-Gutiérrez | [carlosgg@icf.unam.mx](mailto:carlosgg@icf.unam.mx)  
Instituto de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Autónoma de México

Desde sus inicios a finales del siglo XX, la física cuántica sigue fascinándonos con sus asombrosas paradojas y predicciones. Hoy en día vivimos una segunda revolución cuántica, en la que hemos pasado de imaginar experimentos mentales como el gato de Schrödinger a observar fenómenos cuánticos con átomos y moléculas individuales en el laboratorio. En este artículo divulgativo, ilustramos un ejemplo curioso y poco conocido que refleja tanto la rareza como la utilidad de la física cuántica: verificar si una bomba (de las que pueden explotar) es funcional o no, sin necesidad de detonarla. Este ejemplo, basado en el fenómeno de interferencia, fue planteado por Avshalom Elitzur y Lev Vaidman en 1993.

## Interferencia: El corazón del experimento

Antes de hablar de bombas y explosiones, es crucial entender cómo funciona un interferómetro, específicamente el de Mach-Zehnder. Este dispositivo divide un haz de luz (compuesto por partículas llamadas fotones) en dos haces separados, para luego combinarlos usando dos espejos (figura 1). La interferencia ocurre cuando uno de los haces experimenta un desfase respecto al otro.

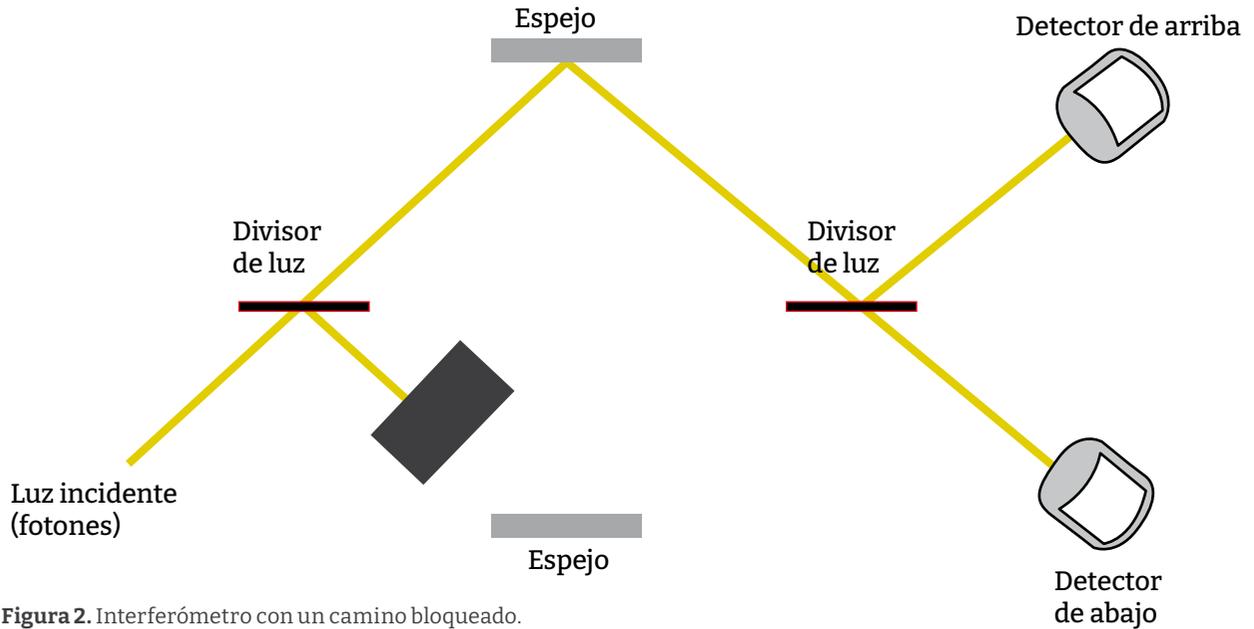


Figura 2. Interferómetro con un camino bloqueado.

Imaginemos la luz como ondas. Dos ondas que están en fase se suman y crean una onda más grande (interferencia constructiva), mientras que dos ondas con fase opuesta se cancelan mutuamente (interferencia destructiva).

En el interferómetro de la figura 1, la interferencia destructiva elimina por completo la luz que podría llegar al detector inferior. Esto significa que cualquier fotón que entra al sistema siempre encenderá el detector superior.

En términos cuánticos, esto implica que hay un 100 % de probabilidad de que la luz llegue al detector superior y un 0 % al inferior. Ahora bien, si bloqueamos uno de los caminos posibles de los fotones al inicio, las cosas cambian (figura 2).

Supongamos que usamos un bloque de concreto denso para impedir el paso de los fotones reflejados tras el primer divisor. En este caso, la luz solo puede viajar por el camino superior. En este nuevo experimento, la luz llega a ambos detectores (superior e inferior) con una probabilidad del 25 % para cada uno, ya que el 50 % de la

luz es absorbida por el bloque. Estos resultados se resumen en las tablas que acompañan a este texto.

## Interferencia con bombas

En tiempos de guerra, los países buscan verificar si su arsenal está en condiciones de uso. Imaginemos que el funcionamiento de una bomba depende de un detector de fotones en su interior: si el fotón es detectado, la bomba explota, probando que funciona.

Si no explota, significa que la bomba está defectuosa. Sorprendentemente, la física cuántica nos ofrece una forma de verificar si la bomba es funcional sin que explote. Esto parece imposible, pero los principios de interferencia cuántica nos lo permiten. El experimento consiste en insertar la bomba dentro del interferómetro (figura 3).

## Los resultados dependen de dos casos:

1. La bomba no sirve: Si el detector no funciona, la luz pasa como si la bomba no estuviera. Esto equivale al caso de interferencia completa (figura 1),

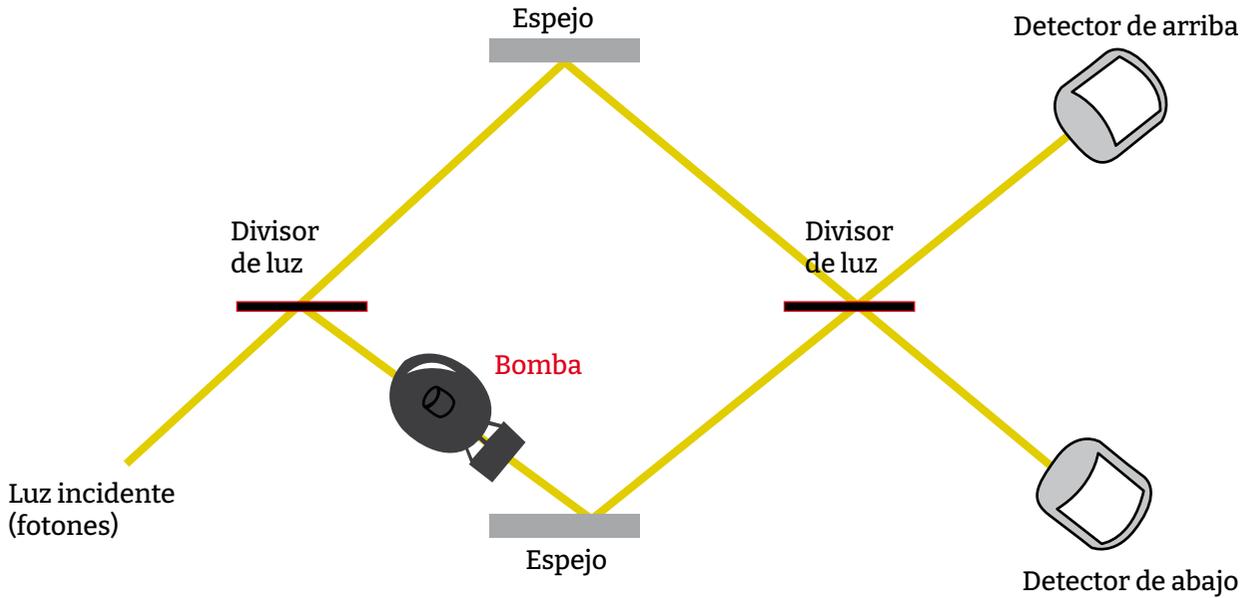


Figura 3. Interferómetro con una bomba como objeto de prueba.

con un 100 % de probabilidad de que la luz llegue al detector superior. La bomba no explota.

**2. La bomba funciona:** Si el detector absorbe el fotón, la bomba explota. Este caso es similar al experimento con un camino bloqueado, con un 50 % de probabilidad de que la bomba explote (figura 2).

Sin embargo, también hay un 25 % de probabilidad de que el fotón llegue al detector superior (la bomba no explota) y un 25 % de probabilidad de que el fotón sea detectado abajo. Este último caso es extraordinario: sabemos que la bomba funciona, pero no explotó.

Este fenómeno se conoce como Mediciones libres de interacción. Gracias a la interferencia cuántica, podemos obtener información sobre el sistema (si la bomba funciona) sin perturbarlo o medirlo directamente.

## Impacto y aplicaciones modernas

Aunque el ejemplo de las bombas es más teórico, las mediciones libres de interacción tienen aplicaciones

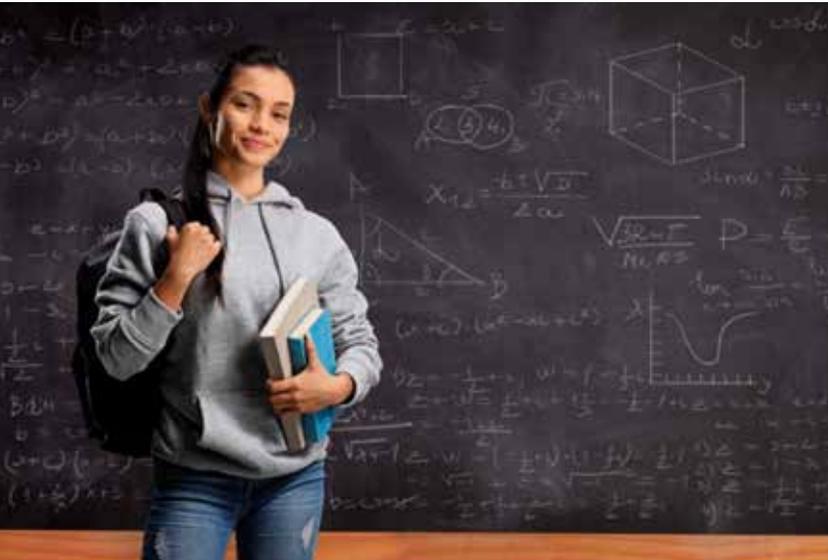
modernas. Se han utilizado en tecnologías de detección sensibles, como sistemas de imagen y sensores cuánticos que operan con mínima perturbación.

Este principio también abre la puerta a experimentos más eficientes en el ámbito de la información y la metrología cuántica.

Este experimento es solo un ejemplo de cómo la física cuántica desafía nuestra intuición y nos ofrece herramientas para explorar el mundo desde una perspectiva completamente nueva. **H**

RESULTADO SIN BLOQUE DE CONCRETO	PROBABILIDAD (INTENSIDAD DE LUZ) (%)
Luz en detector de arriba	100%
Luz en detector de abajo	0%

RESULTADO CON BLOQUE DE CONCRETO	PROBABILIDAD (INTENSIDAD DE LUZ) (%)
Luz absorbida por el bloque	50%
Luz en detector de arriba	25%
Luz en detector de abajo	25%



# AGENDA DE CIENCIA EN 2025

Algunos proyectos, encuentros y aniversarios científicos de interés mundial ya cuentan con agenda. Hypatia comparte una selección de los que ocurrirán entre marzo y junio de 2025

## Marzo

- **4-7.** Cuernavaca, México. XX Congreso Nacional de Salud Pública. Instituto Nacional de Salud Pública (INSP).
- **13-15.** Berlín, Alemania. VII. Conferencia Internacional de Investigación Académica en Ciencia, Tecnología e Ingeniería.
- **24-26.** Monterrey, México. Congreso Internacional de Cirugía. Tecnológico de Monterrey.
- **28.** Guanajuato, México. Congreso de Ciencias Exactas. Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT).

## Abril

- **1-4.** Ciudad de México, México. XXIII Congreso Nacional de Ingeniería Electromecánica y de Sistemas. ESIME-Instituto Politécnico Nacional.

- **2-4.** Hinxton, Inglaterra. Conferencia Internacional sobre Edición Genética CRISPR y más allá.
- **10-11.** Cuernavaca, México. II Congreso Estatal de Materiales Morelos. Instituto de Ciencias Físicas (ICG-UNAM).
- **26.** Internacional. Día Mundial de la Propiedad Intelectual. Organización Mundial de la Propiedad Intelectual.

## Mayo

- **8-11.** Ciudad de México, México. Congreso Internacional de Pediatría. Asociación Internacional de Pediatría.
- **12.** Internacional. Día Internacional de las Mujeres Matemáticas. Unión Matemática Internacional.
- **17.** Internacional. Día Mundial de Internet. Organización de Naciones Unidas.
- **20.** París, Francia. 150 aniversario de la Convención del Metro y la creación del Buró Internacional de Pesos y Medidas.
- **30 mayo-3 junio.** Chicago, Estados Unidos. 40 mil médicos especialistas en cáncer se reúnen en el Congreso de Oncología Clínica ASCO 2025.

## Junio

- **5.** Internacional. Día Mundial del Medio Ambiente.
- **15-20.** Cuernavaca, México. XV Congreso de la Asociación Mexicana de Estudios Rurales. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- **16.** Internacional. Día Internacional de la Biotecnología.
- **16-20.** Ciudad de México, México. XX Encuentro de Geografías de América Latina. Instituto de Geografía (IG-UNAM).
- **25-28.** Guanajuato, México. Conferencia Mexicana sobre Patrones de Reconocimiento. Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT).



TE INVITAMOS A LEER HYPATIA KIDS,  
¡UNA FORMA DIVERTIDA DE  
APRENDER CIENCIA!



**HYPATIA**<sup>®</sup>  
Ejemplar gratuito  
Núm. 04

**MUJERES  
EN LA CIENCIA**

**kids**

MORELOS | ECONOMÍA | CCYTEM | MUSEO DE CIENCIAS | **impepac**

**SOPA DE CIENCIAS**

U	M	N	S	U	A	V	V	K	O	I	R	I	T		
V	A	Z	K	L	X	D	Q	T	U	O	R	E			
N	T	C	A	R	P	H	Q	Q	U	U	M	O			
E	R	A	G	C	R	E	R	E	Q	I	S	M	O	Z	N
R	M	U	G	G	T	I	R	T	A	O	T	D	O		
E	A	R	U	C	O	E	U	I	O	R	I	X	L		
I	T	E	I	M	H	N	G	M	I	C	L	O			
O	I	E	M	I	V	O	S	T	Z	E	B	A	F		
L	O	Q	I	U	A	H	H	Z	I	S	M	L	I		
O	A	L	C	P	A	T	O	M	O	R	E	A			
E	S	P	A	M	N	D	I	C	U	C	I	C	O		
I	F	O	L	E	I	S	T	C	A	R	P	O	H		
A	N	H	K	E	C	I	E	N	C	I	A	V	A		

Palabras ocultas: ciencia, experimento, química, física, biología, microscopio, selenita.

**¡CONOCE NUESTRA SALA DE REALIDAD VIRTUAL!**

¡VEN A VISUALIZAR EL MUNDO DE LA REALIDAD VIRTUAL!

¡BIENVENIDA VALENTINA!



# MUSEO DE CIENCIAS

DIRECCIÓN DEL MUSEO DE CIENCIAS DE MORELOS



## Museo de Ciencias de Morelos

- Martes a viernes de 9:30 a 17:00 horas
- Sábados, domingos y días festivos de 10:00 a 17:00 horas

**Informes:** 7773123979, extensión 8

## Parque San Miguel Acapantzingo

Calle La Ronda #13, colonia Acapantzingo, Cuernavaca, Morelos, CP 62440.



Hypatia en el catálogo de  
**latindex**  
latindex.org

