

# PHYSIOS

+CIENCIA+TECNOLOGÍA+CONOCIMIENTO

P/12

CU2, HACIA SU  
PRIMER ANIVERSARIO

P/8

INAOE, FORMADOR  
DE TALENTO CIENTÍFICO  
DESDE PUEBLA



## CADMIO Y ENFERMEDADES METABÓLICAS

LA EXPOSICIÓN A ESTE METAL A TRAVÉS DE ALIMENTOS, AGUA Y AIRE CONTAMINADOS, ASÍ COMO DE CIGARROS, HA MOSTRADO EFECTOS EN RIÑONES, PULMONES, HUESOS, SISTEMA CARDIOVASCULAR Y NERVIOSO

P/16



PRECIO: \$60.00 PESOS MX / \$3.40 US

P/24

MAMOGRAFÍA POR IMPEDANCIA ELÉCTRICA

## Publicidad



[www.lajornadadeoriente.com.mx](http://www.lajornadadeoriente.com.mx)



LaJornadadeOrientePuebla



La Jornada de Oriente



@jornadaoriente



[jornadapublicidad@yahoo.com.mx](mailto:jornadapublicidad@yahoo.com.mx)

### Oficina Puebla:

Manuel Lobato # 2109  
Col. Bella Vista  
C.P. 72500, Puebla, Pue.

### Tels Puebla:

01 (222) 243 48 21  
237 85 49  
237 76 29





**GRUPOORO**  
COMUNICACIONES

# ANÚNCIATE CON NOSOTROS



**oronoticias**  
Nuestra pasión es informarte

**ORO SÓLIDO**  
con Fernando Garci-Crespo



**rovisión**  
publicidad en movimiento

¿SABES TODO LO QUE TIENE LA  
**#RutaRD**  
PARA TI?



DESPLIZA PARA CONOCER MÁS

**oro deportes**

**LAS CLÁSICAS  
DE LA ROMÁNTICA**  
CON DANY GALLARDO

92.9HD2



¿SABES CÓMO PROGRAMAR UN  
**#DESPERTADORRD?**  
EL DÍA A TU PERSONA FAVORITA

**ORO 94.9**  
SOLO HITS



**RANKING**  
LATINOAMÉRICA



**VENTAS: 22 25 05 74 77**

# CONTENIDO

REVISTA DE DIVULGACIÓN • JUNIO 2025

+CIENCIA+TECNOLOGÍA+CONOCIMIENTO

6

HISTORIAS  
**PARQUES, ESPACIOS  
DE VIDA Y  
COMUNIDAD:**  
MICHELLE TALAVERA

10

ACTUALIDAD  
**CIENCIA Y  
GOBERNANZA,  
CLAVES PARA  
EL DESARROLLO**

14

**PUEBLA AVANZA  
COMO CIUDAD  
INTELIGENTE**

12

VOCES DE EXPERTOS

## LO DULCE DEL OLVIDO...



VOCES DE  
EXPERTOS

30

**MECANISMO DE  
DEFENSA EN  
INFECCIONES DE  
CANDIDA SPP.**

34

**PIÑA EN MÉXICO**

## PHYSIOS



NUESTRA WEB

**Director General**  
**JOSÉ CASTAÑARES**  
TW @Jose\_Castanares  
josecastanares@gmail.com

**Comité Editorial**  
Dr. Rubén Vázquez Roque  
Dr. Fabián Galindo Ramírez  
Dr. José Everardo Avelino Cruz

**Comité Editorial Adjunto**  
Dr. Celso Enrique Cortés Romero  
Dr. Julio César Morales Medina  
Dr. Samuel Treviño Mora  
Dra. Lourdes Mateos Espejel  
Dra. María Andrea Vázquez  
Dr. Mariano Castellanos  
Dr. José Luis Estrada Rodríguez

**Comité Revisor**  
Dr. Alfonso Daniel Díaz Fonseca  
M. en C. Patricia Mayeli Quechol Tecuatl  
Dra. Diana Isabel Hernández Juárez  
Dr. Jose Israel Rodríguez Mora  
Dr. Victor Manuel Vázquez Báez

**Fotografía**  
Agencia Es Imagen  
[www.esimagen.mx](http://www.esimagen.mx)

Daniela Portillo  
Arlette Gordian  
Anel Esgua

**Diseño**  
Valeria Lizeth Bautista Bautista

**Correctora de estilo**  
Rosaura García Francisco

**Coordinación DOI**  
Dra. Lourdes Mateos Espejel

[www.physios.mx](http://www.physios.mx)

X @Physiosmx    f Fb @Physios    i Ig @Physios\_mx    ✉ physiosmx@gmail.com

# EDITORIAL

**En un momento decisivo para el desarrollo científico y tecnológico de México, Puebla se posiciona como un referente regional, gracias al impulso conjunto del Gobierno del Estado y la comunidad académica. Alineado con el Plan México de soberanía científica, el proyecto estatal encabezado por el gobernador Alejandro Armenta no solo reconoce el valor estratégico del conocimiento, sino que lo articula como eje transformador del bienestar colectivo.**

La creación de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) no es un gesto aislado. Representa una política pública decidida a vincular a las instituciones académicas, los centros de investigación y el sector productivo, apostando por una ruta clara: democratizar el acceso al conocimiento, fortalecer el talento local y consolidar a Puebla como un nodo clave en el ecosistema nacional de innovación.

En este contexto, destaca el quehacer de instituciones como la BUAP, cuyo proyecto de Ciudad Universitaria 2 (CU2) no solo responde al reto educativo, sino que plantea un modelo de formación alineado a la sostenibilidad y a las nuevas industrias del conocimiento. Con programas como las ingenierías en Ciencia de Datos, Ciberseguridad o Logística Digital, CU2 avanza hacia su consolidación como polo de desarrollo para la región centro-sur del país, con una proyección científica y tecnológica hacia 2050.

Del mismo modo, el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) refuerza su compromiso con la formación temprana de talento y con líneas de investigación estratégicas para la soberanía tecnológica, como el diseño de semiconductores, la inteligencia artificial, los drones autónomos o la óptica aplicada a la salud. Su participación en el proyecto Kutsari y su papel en el Telescopio del Horizonte de Eventos son apenas dos ejemplos de su influencia en la ciencia de frontera.

Desde *Physios*, agradecemos y celebramos el trabajo de las y los investigadores que nutren este número con reflexiones y hallazgos que abordan temas cruciales para la salud pública, la sostenibilidad y el bienestar.

En nuestra sección de portada, un grupo de especialistas expone los riesgos del cadmio como disruptor metabólico y su vínculo con enfermedades crónicas como diabetes, obesidad e hipertensión, temas que merecen atención urgente en el debate sanitario.

También presentamos avances en tecnologías emergentes con impacto directo en la prevención, como la mamografía por impedancia eléctrica, una técnica no invasiva que abre nuevas posibilidades para la detección temprana del cáncer de mama, especialmente en mujeres jóvenes. Por su parte, un artículo sobre la resistencia de las biopelículas de *Candida spp.* ofrece claves para el tratamiento de infecciones fúngicas cada vez más complejas en pacientes vulnerables.

El campo de la salud y las ciencias naturales exige hoy más que nunca diálogo interdisciplinario, plataformas de divulgación sólidas y voluntad política para apoyar la investigación de alto impacto. Este número es testimonio de esa convergencia virtuosa: gobierno, academia y comunidad científica trabajando por un país más justo, informado y con soberanía tecnológica.

**José Castañares**



Correo electrónico:  
josecastanares@gmail.com



Usuario de X e Instagram:  
@Jose\_Castanares



› CUIDAR LOS ESPACIOS VERDES, UNA PRIORIDAD

# LOS PARQUES DE PUEBLA, espacios de vida y comunidad

Michelle Talavera, directora de Convenciones y Parques del estado de Puebla, comparte en entrevista los logros y retos de esta dependencia

REDACCIÓN PHYSIOS | FOTOS: ANEL ESGUA /ESIMAGEN.MX

**C**on motivo del Día Mundial del Medio Ambiente, Michelle Talavera, directora de Convenciones y Parques del estado de Puebla, compartió los esfuerzos realizados para conservar y promover el uso de los parques públicos. El 6 de junio, en coordinación con PepsiCo, llevaron a cabo una jornada de limpieza en el Paseo del Río del Parque Metropolitano, logrando la participación de 60 personas que también recolectaron más de 30 mil tapitas plásticas.

“Este esfuerzo refleja la visión ambientalista de nuestro gobernador Alejandro Armenta”, expresó Talavera, destacando que estas actividades son esenciales para mantener estos espacios en óptimas condiciones y reforzar la conexión de los ciudadanos con su entorno.





El mantenimiento de los parques no solo es importante para el entretenimiento y la convivencia familiar, sino que también impacta en la percepción ciudadana. Un parque bien cuidado habla de un gobierno que trabaja”

**Michelle Talavera**



### **Impacto social a través de los parques**

La directora explicó que la operación de parques y convenciones es un organismo público descentralizado encargado de la administración, mantenimiento y promoción de 353.7 hectáreas de áreas verdes en el estado. Esto incluye parques icónicos como el Metropolitano, el Parque Ecológico, el Parque del Arte y Flor del Bosque, un destino turístico de gran atractivo.

“El mantenimiento de los parques no solo es importante para el entretenimiento y la convivencia familiar, sino que también impacta en la percepción ciudadana. Un parque bien cuidado habla de un gobierno que trabaja, mientras que uno descuidado transmite lo contrario”, enfatizó Talavera.

Además, destacó la amplia oferta de actividades gratuitas en los parques, desde tirolesas hasta lagos y cabañas. Talavera invitó a los ciudadanos a aprovechar estos espacios: “Si un sábado o domingo no saben qué hacer, visiten nuestros parques, tendrán una experiencia increíble”.

### **Festivales y eventos: motor económico y cultural**

Talavera subrayó la importancia de los eventos organizados por Convenciones y Parques,

como el Festival Navideño y la Feria de Puebla, que en su edición más reciente atrajo a 1.6 millones de visitantes. Estos eventos no solo promueven el turismo, sino que generan una significativa derrama económica para el estado.

En este sentido, mencionó la inversión de más de 750 millones de pesos en el Pasaporte Turístico, que incluye 160 eventos anuales. Entre ellos destacan festivales como Dreamfields y las celebraciones del 15 de septiembre. “Estamos posicionando a Puebla como un referente nacional y latinoamericano para la industria de reuniones y el turismo”, afirmó.

### **Un equipo que hace la diferencia**

El éxito en la operación de parques y convenciones no sería posible sin el trabajo del equipo operativo, conformado por jardineros, carpinteros y personal de mantenimiento. “Más de la mitad de nuestro equipo está en labores operativas, y gracias a ellos los parques están en buenas condiciones”, señaló Talavera.

Finalmente, la directora extendió una invitación a los poblanos: “Vayan a nuestros parques, disfruten con sus familias y aprovechen los espacios que hemos rehabilitado para ustedes”.

› FORMADOR DE TALENTO EN PUEBLA

# EL INAOE

## se fortalece como eje científico

El doctor Julián David Sánchez de la Llave, actual director general del INAOE, comparte la visión estratégica del instituto, su alianza con el gobierno estatal y su compromiso con la formación científica desde etapas tempranas.

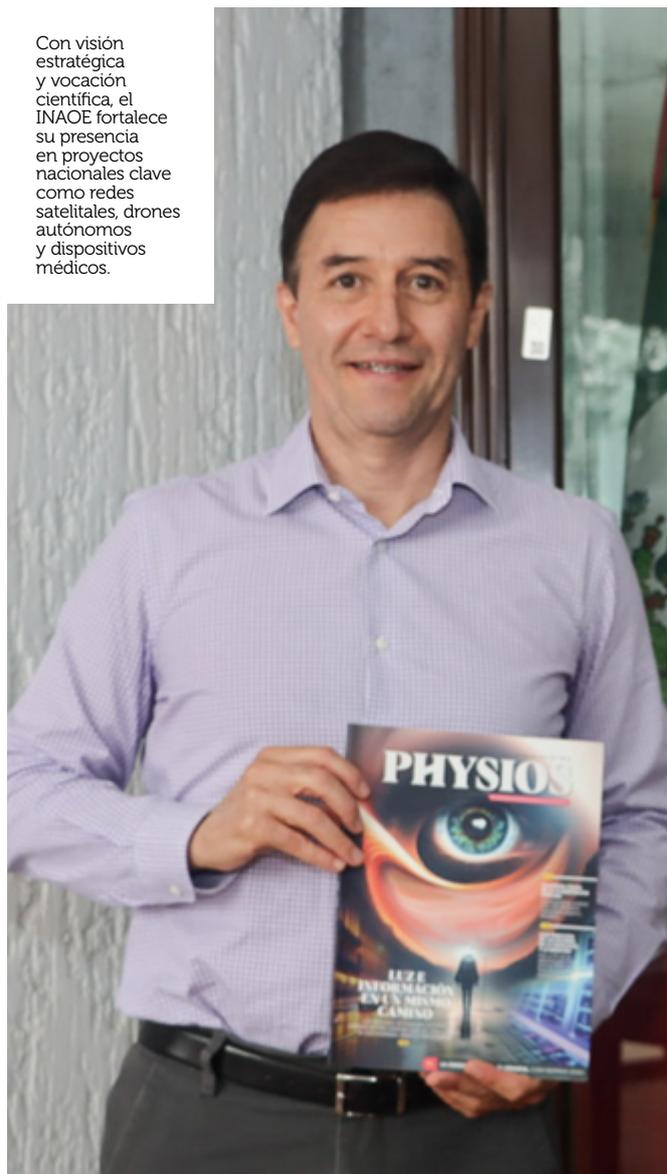
REDACCIÓN PHYSIOS | FOTOS: ESIMAGEN.MX

**C**on una trayectoria académica y científica que comenzó en la ingeniería electrónica y que lo ha llevado a ocupar diversos cargos dentro del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), el doctor Julián David Sánchez de la Llave asume con entusiasmo y visión su actual responsabilidad como director general del organismo. En entrevista para *Revista Physios*, destaca los retos y oportunidades que enfrenta el instituto en el contexto del nuevo impulso a la ciencia y la tecnología en Puebla desde los gobiernos federal y estatal, encabezados por la presidenta Claudia Sheinbaum y el gobernador Alejandro Armenta, respectivamente.

Desde 1998, año en que ingresó como investigador a la coordinación de óptica, ha sido testigo del crecimiento institucional y de los cambios en la política pública científica. Ha ocupado puestos clave como coordinador de óptica, director de investigación y, desde abril de 2024, director general formal del INAOE.

Actualmente, destaca el momento inédito que vive el estado de Puebla en materia de ciencia y tecnología. "Nunca habíamos tenido un gobernador con tanto interés y compromiso hacia el desarrollo científico. La creación de la nueva Secretaría estatal de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación es un hecho contundente, y su titular, la doctora Celina Peña, ha mostrado gran apertura para que instituciones como el INAOE se sumen como aliados estratégicos", señala.

Con visión estratégica y vocación científica, el INAOE fortalece su presencia en proyectos nacionales clave como redes satelitales, drones autónomos y dispositivos médicos.



El INAOE, con vocación científica pero también tecnológica, tiene líneas de acción que abarcan desde el desarrollo de semiconductores hasta la investigación en inteligencia artificial, óptica, satélites, drones autónomos y dispositivos médicos. De hecho, el instituto lidera desde Puebla el nodo del proyecto nacional Kutsari, orientado al diseño de semiconductores analógicos.

“Tenemos un equipo de ocho personas trabajando de lleno en Kutsari, pero también estamos listos para colaborar en proyectos como las redes satelitales de baja altura o el desarrollo de colorimetría para autos eléctricos del proyecto Olinia”, explica.

Un área prioritaria para el director es la formación de talento humano desde etapas tempranas.

“Queremos vincularnos no solo con pos-gradados, sino también con licenciaturas y hasta con nivel preparatoria. Ya ofrecemos una maestría en enseñanza de las ciencias exactas dirigida a docentes de nivel medio superior, y acabamos de lanzar una especialidad en electrónica para personas que ya trabajan en la industria y buscan especializarse en semiconductores”.

Además, menciona el éxito del programa Electro Tlalli, realizado con el apoyo del gobierno estatal y dirigido a estudiantes de bachillerato. “Es un primer acercamiento al diseño de dispositivos y circuitos integrados. La demanda fue tan alta que tuvimos que dejar fuera a varias personas por la capacidad del taller”.

La visión del doctor Sánchez de la Llave no solo está centrada en la investigación de frontera. También subraya la importancia de la divulgación científica. “Tenemos más de 20 años con el programa *Baños de Ciencia*, que ahora tiene 13 sedes, entre ellas Puebla, San Andrés, San Pedro Cholula, Atlixco y Tehuacán. Participan investigadores y estudiantes, muchos de ellos apasionados por llevar la ciencia a niñas, niños y jóvenes”.

Finalmente, sobre el Gran Telescopio Milimétrico (GTM), del cual el INAOE es pieza clave, señala: “Cada año abrimos convocatorias para propuestas de observación a nivel nacional e internacional. Además, somos parte de la red global del Telescopio del Horizonte de Eventos, que logró captar la primera imagen de un agujero negro”.

Consciente de los desafíos que implica estar a la vanguardia, el doctor Sánchez de la Llave reafirma el compromiso del INAOE con el desarrollo del país: “Nuestro objetivo es que el proyecto Kutsari comience a generar recursos propios en 2027. Para lograrlo, debemos seguir formando talento, reforzando alianzas y apostando por la educación continua”.

La formación de talento humano desde etapas tempranas es una prioridad para el INAOE, que impulsa programas educativos y de divulgación.



**Nunca habíamos tenido un gobernador con tanto interés y compromiso hacia el desarrollo científico. La creación de la nueva Secretaría estatal de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación es un hecho contundente”**

**Julián David Sánchez de la Llave**

Director general del INAOE



Desde el Gran Telescopio Milimétrico hasta laboratorios de inteligencia artificial, el INAOE avanza en la frontera del conocimiento con compromiso, innovación y alianzas estratégicas.





Uno de los propósitos del foro fue fomentar la colaboración interinstitucional para enfrentar desafíos metropolitanos.

› POR LA COLABORACIÓN INTERINSTITUCIONAL

# Ciencia y gobernanza: claves para el desarrollo regional

El Foro de Ciencia y Gobernanza para el Desarrollo Regional Metropolitano reunió a expertos y autoridades para promover soluciones colectivas a los retos de las zonas metropolitanas de Puebla y otras regiones

REDACCIÓN | FOTOS: DANIELA PORTILLO / ESIMAGEN.MX

**L**a ciencia se erige como motor de transformación al servicio del bienestar en el Foro de Ciencia y Gobernanza para el Desarrollo Regional Metropolitano, inaugurado por Samuel Aguilar Pala, secretario de Gobernación, en representación del gobernador Alejandro Armenta. El evento, organizado por el Colegio de Puebla, busca ser un espacio de colaboración entre expertos y tomadores de decisiones.

En su intervención, Laura Artemisa García Chávez, presidenta de la Junta de Gobierno del Congreso del Estado de Puebla, subrayó el compromiso de las autoridades con la toma de decisiones basadas en datos duros y en sinergia con los ciudadanos y especialistas. “La gobernanza no es imponer decisiones, sino caminar colegiadamente hacia el bienestar de la población”, destacó.



Entre las áreas de debate se abordaron: Gobernanza metropolitana, sustentabilidad, planeación territorial y gestión del conocimiento.

Por su parte, Alejandra Sánchez González, presidenta del Colegio de Puebla, señaló que el foro es un punto de convergencia para la colaboración interinstitucional. Reafirmó que la investigación científica solo tiene sentido cuando incide en la transformación social, destacando que la misión del Colegio de Puebla es impulsar investigaciones con impacto directo en la vida de las comunidades.

El evento cuenta con la participación de Colegios de Veracruz, Tlaxcala, Tamaulipas, Jalisco y Morelos. Durante las mesas de trabajo, se abordarán temas clave como gobernanza metropolitana, planeación territorial, políticas de sustentabilidad, gestión del conocimiento y fortalecimiento institucional, con miras a establecer estrategias que beneficien a las zonas metropolitanas y sus habitantes.



El foro destacó el compromiso del gobierno del estado y el Congreso de Puebla con la ciencia como herramienta transformadora.

› HACIA SU PRIMER ANIVERSARIO

# CU2: Innovación en educación y sostenibilidad

Ciudad Universitaria 2 de la BUAP es un modelo educativo y ambiental que transforma la región centro-sur del país

REDACCIÓN | FOTOS: CORTESÍA BUAP

Concebida como un espacio pionero en la formación de profesionales en Ingeniería y Ciencias Naturales, Ciudad Universitaria 2 (CU2) de la BUAP alberga actualmente a 5,000 estudiantes en 28 programas educativos. Este campus, ubicado en el Ecocampus Valsequillo, simboliza el compromiso de la universidad con la sostenibilidad y la educación de calidad.

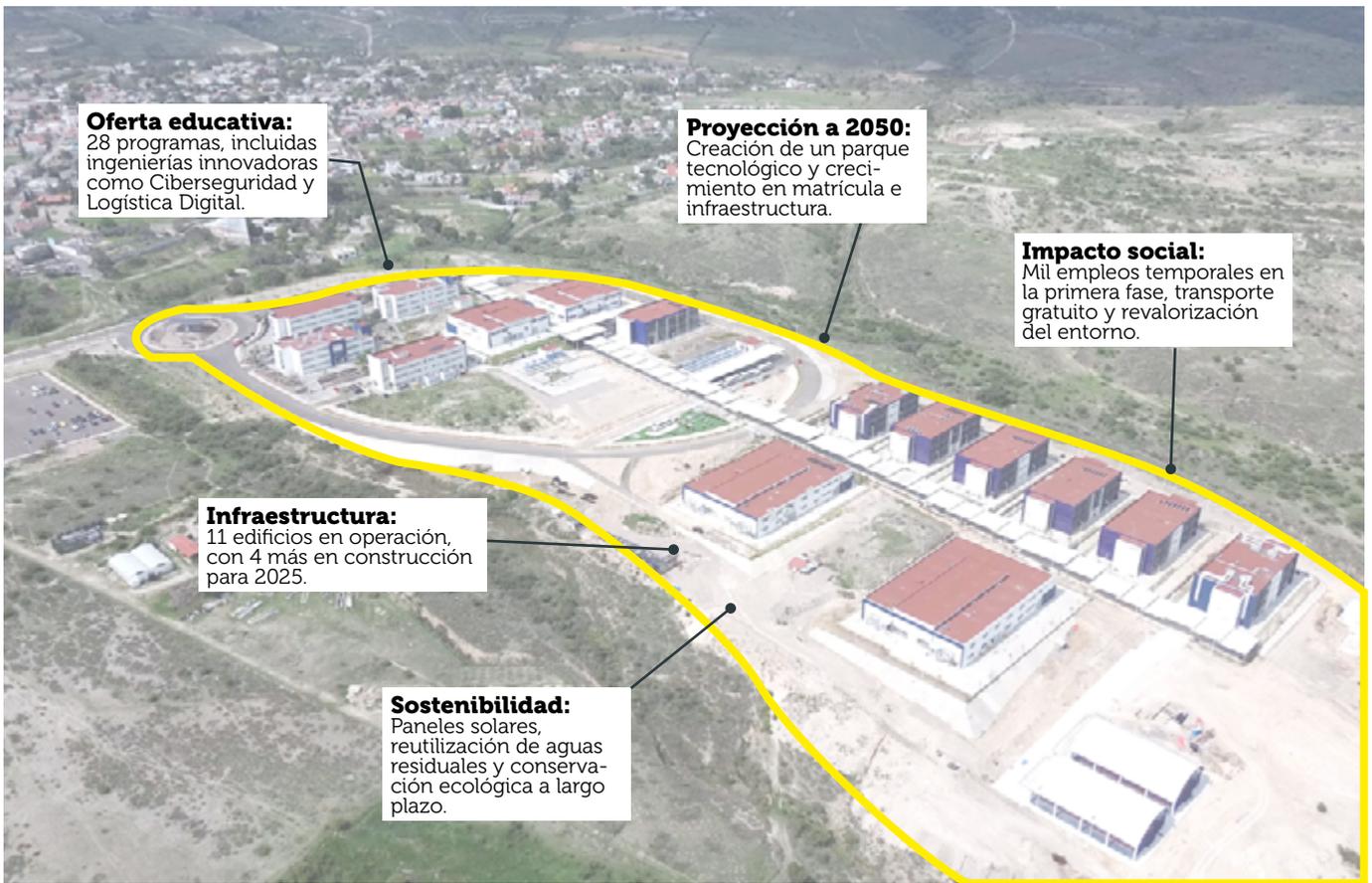
Desde su inauguración en agosto de 2024, la visión de la Rectora Lilia Cedillo Ramírez y el apoyo gubernamental han permitido consolidar este proyecto en etapas. La primera fase del campus incluyó siete edificios, impactando positivamente la economía local con la generación de mil empleos. Para 2025, se proyecta la construcción de cuatro nuevos edificios, incrementando la capacidad de aulas y laboratorios.

El campus también se distingue como un modelo de sostenibilidad: emplea paneles solares, cisternas para recolección de agua, y una planta de tratamiento que reutiliza el 80% de las aguas residuales. Además, se ha comprometido a la preservación de la flora, fauna y vestigios arqueológicos del sitio.

Con infraestructura de vanguardia y un enfoque en nuevas formas de enseñanza, CU2 integra espacios de convivencia, tecnología avanzada y transporte gratuito para estudiantes y docentes. La reciente incorporación de programas como las ingenierías en Ciencia de Datos, Ciberseguridad, Biomédica, y Logística Digital subrayan su apuesta por la educación innovadora.

Hacia 2050, CU2 proyecta la creación de un parque tecnológico y el fortalecimiento de proyectos de investigación de alto impacto, consolidándose como un referente educativo, ambiental y científico en la región.<sup>1</sup>





# Puebla avanza hacia la innovación como ciudad inteligente

El alcalde Pepe Chedraui compartió avances tecnológicos e intercambió experiencias con expertos internacionales durante el Smart City Expo Latam Congress 2025

REDACCIÓN | FOTO: CORTESÍA

**E**n el marco del Smart City Expo Latam Congress 2025, el pasado 10 de junio, el presidente municipal de Puebla, Pepe Chedraui Budib, reafirmó su compromiso con la consolidación de Puebla como una ciudad inteligente. Acompañado por el diputado local Julio Huerta, el secretario General de Gobierno Franco Rodríguez, y el secretario de Economía y Turismo Jaime Oropeza Casas, Chedraui sostuvo encuentros clave con expertos en innovación tecnológica.

Desde el stand de la capital poblana, el alcalde presentó los avances en recursos tecnológicos y proyectos de innovación implementados en la ciudad para mejorar la

calidad de vida de los ciudadanos y optimizar servicios urbanos. Entre los destacados, se mencionó el uso de tecnologías emergentes para la modernización de infraestructura y gobernanza.

En uno de los encuentros más relevantes, Chedraui Budib intercambió experiencias gubernamentales con especialistas de ciudades inteligentes de la Universidad de Seúl, compartiendo estrategias para integrar tecnología y sostenibilidad en las urbes del futuro.

El evento subraya la visión de Puebla como un referente regional en desarrollo tecnológico, posicionándola en la vanguardia de las ciudades inteligentes.



Smart City Expo Latam Congress 2025 se celebró del 10 al 12 de junio con éxito gracias a la participación de más de 10 mil asistentes.

EN LÍNEA debate

Entre palabras / Descubrimos la verdad

**1er Lugar**

**EN NOTICIEROS DE 2 A 3 PM DE LUNES A VIERNES  
EN LA RADIO DE PUEBLA**

**1 de cada 4  
radioescuchas**  
del total de 65 años y más

**25% de toda  
la audiencia**  
de noticieros a esa hora

**La Ke Buena**

GRUPO  
**HANAN**  
COMUNICACION

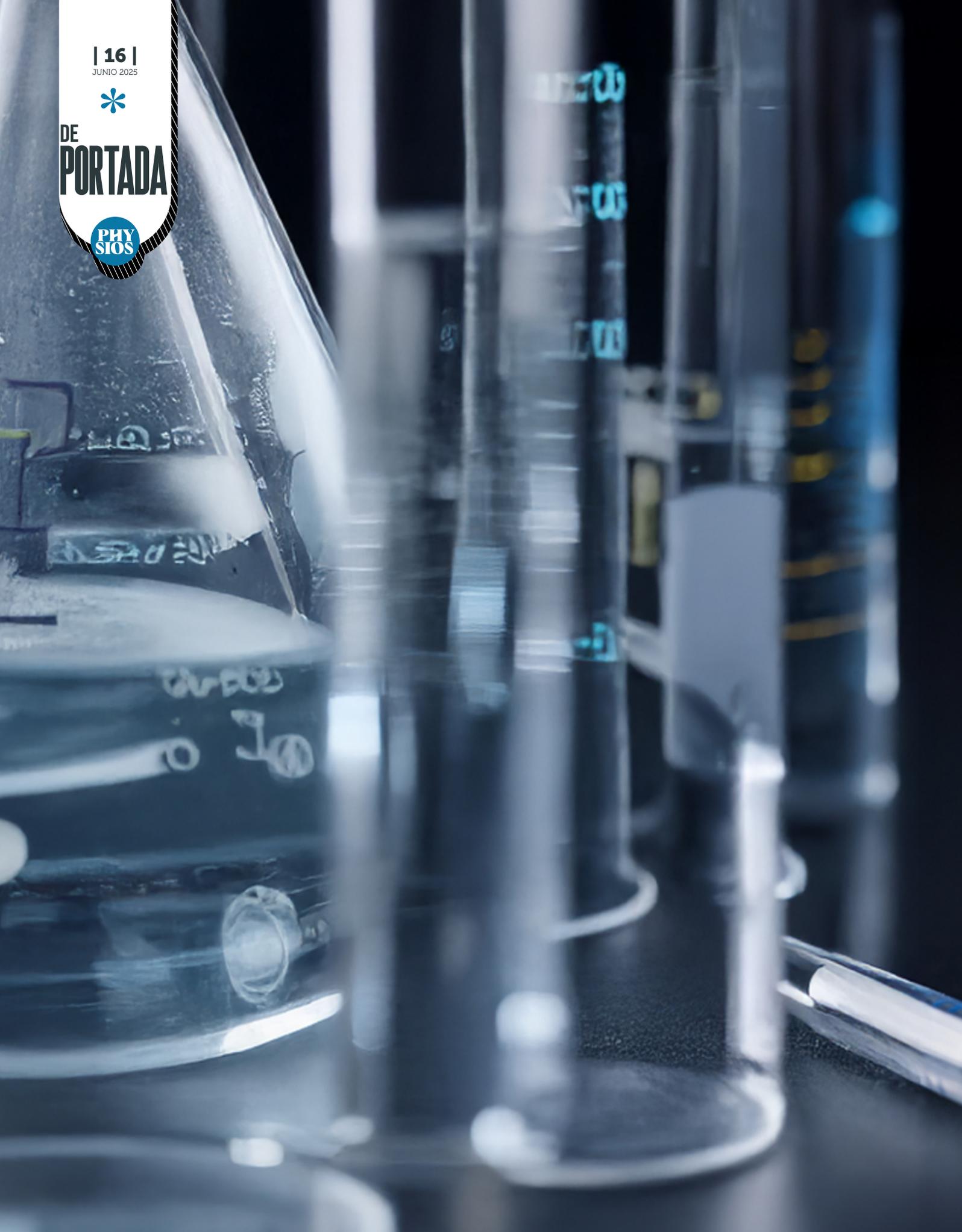


| 16 |  
JUNIO 2025



DE  
PORTADA

PHY  
SIOS



SU RELACIÓN CON ENFERMEDADES METABÓLICAS

# CADMIO:

## Un disruptor metabólico ambiental

Aunque este metal blanco-azulado tiene múltiples aplicaciones industriales, también conlleva efectos perjudiciales para la salud





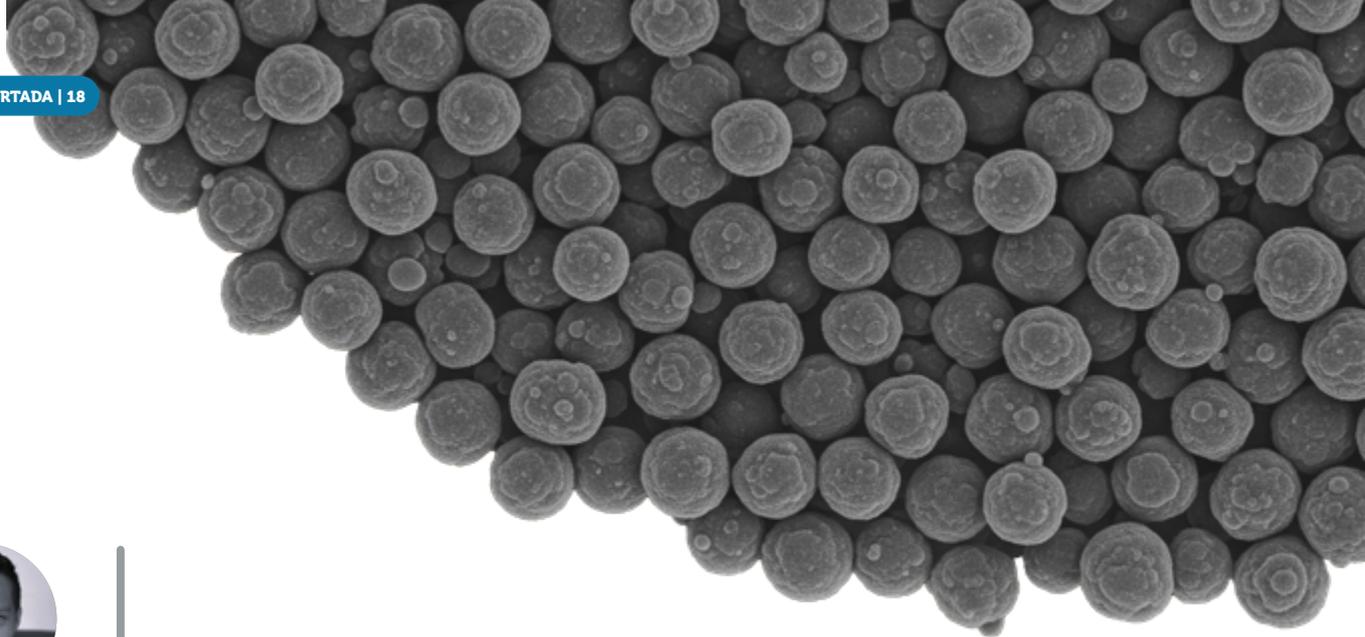
> VÍCTOR  
ENRIQUE  
**SARMIENTO-  
ORTEGA**



> DIANA  
**MORONI-  
GONZÁLEZ**



> SAMUEL  
**TREVIÑO**

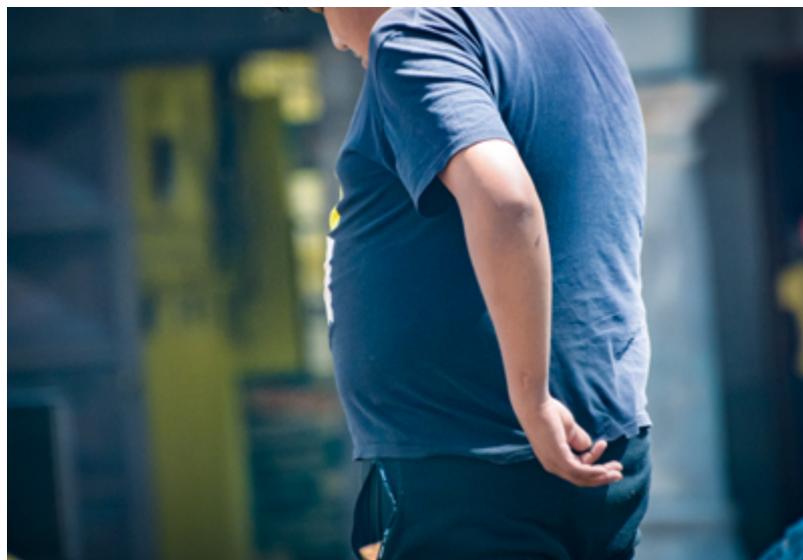


**POR:** VÍCTOR ENRIQUE SARMIENTO-ORTEGA, DIANA MORONI-GONZÁLEZ Y SAMUEL TREVIÑO

### CADMIO, METABOLISMO, TOXICIDAD, CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

**E**l cadmio (Cd) es un metal pesado de número atómico 48 y se encuentra en la tabla periódica en el grupo 12. Es un metal blanco-azulado, blando, con múltiples aplicaciones industriales, pero también con efectos perjudiciales para la salud.

El cadmio está presente de manera natural en el medio ambiente, se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre, generalmente como un subproducto de minerales que contienen zinc, plomo y cobre. Las condiciones ambientales de erosión transportan grandes cantidades del metal a través de los océanos, de esta forma los sedimentos oceánicos pueden contener concentraciones elevadas del metal descargándolos en ríos y lagos. Algunas plantas pueden absorber cadmio presente de manera natural en el suelo, lo que lo introduce en la cadena alimentaria. Debido a que está presente en la mayoría de los alimentos, la ingesta dietética es la principal fuente de exposición al Cd en la población. Además, las erupciones volcánicas pueden liberar altas concentraciones de Cd,

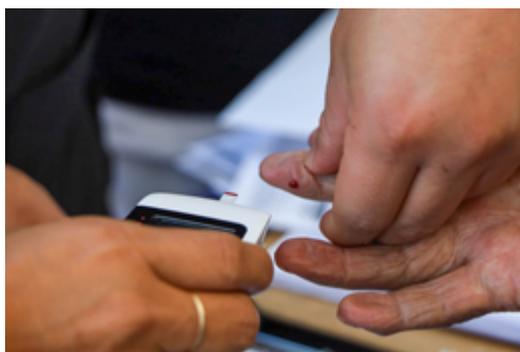


las cuales son estimadas de entre 100 y 500 toneladas al año (Satarug *et al.*, 2023).

Entre 1951 y 1980, la emisión antropogénica de cadmio superó ampliamente la natural, con un promedio de 8,000 toneladas anuales, contaminando principalmente suelos de cultivo e introduciéndose en la dieta humana y animal. Una fuente adicional de cadmio en las plantas es el uso de fertilizantes fosfatados, donde el metal está en forma iónica. También se encuentra en lechos de ríos debido a descargas industriales que contaminan suelos y mantos freáticos. La industria utiliza cadmio en aleaciones metálicas para mejorar la resistencia al desgaste y facilitar la fundición, además de reducir el punto de fusión. Sus pigmentos se emplean en tintes, pinturas, plásticos y cerámicas de colores brillantes (amarillo, naranja, rojo y marrón). También se usa en la fabricación de baterías de níquel-cadmio, conductores eléctricos, productos de PVC, fotoceldas, neumáticos, radiadores, componentes electrónicos y sistemas de calefacción (Cheng *et al.*, 2014).

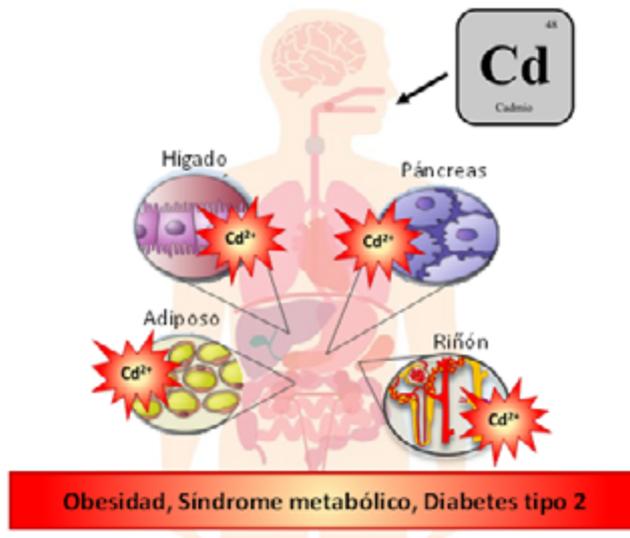
Los trabajadores de la industria relacionados con lo anteriormente descrito son los de mayor exposición a Cd; sin embargo, para la mayoría de la población, la exposición se produce principalmente al ingerir alimentos contaminados. Se ha estimado que más del 80% de la ingesta del metal proviene de cereales (especialmente arroz y trigo), verduras (especialmente de hoja verde) y tubérculos (especialmente papas y zanahorias), así como moluscos y crustáceos, los cuales pueden acumular altas concentraciones de Cd. Asimismo, el consumo de cigarro incrementa significativamente la cantidad de metal presente en el organismo, ya que se sabe que existen concentraciones alrededor de 1.5 µg de cadmio por cigarro. En general, los fumadores presentan niveles de Cd en sangre y en el cuerpo más del doble que los no fumadores (Satarug *et al.*, 2023).

Las actividades antropogénicas han llevado a un aumento de la concentración de metales pesados en el medio ambiente, a pesar de que se han realizado considerables esfuerzos para controlar las emisiones al medio ambiente, la contaminación de los alimentos no se ha eliminado y se han demostrado problemas de salud, pese a lo anterior la contaminación atmosférica por Cd no está informada, ni monitoreada. Por lo tanto, las principales fuentes de exposi-



ción al Cd en humanos son la dieta, el agua contaminada, el aire contaminado y el humo del cigarrillo (Fatima *et al.*, 2019).

El Cd es tóxico incluso en concentraciones bajas y puede causar efectos tanto agudos como crónicos en la salud. Una de sus características más peligrosas es su capacidad para acumularse en el organismo a lo largo de la vida (17 a 30 años). Diversos estudios indican que las principales fuentes de exposición al cadmio no laboral en la población general son los alimentos y el humo del cigarrillo. Los órganos más afectados por la toxicidad del cadmio incluyen los riñones, pulmones, huesos, sistema cardiovascular y nervioso. La exposición a altas concentraciones de cadmio se ha vinculado con enfermedades graves, particularmente en casos de intoxicación aguda o crónica en ambientes industriales. Se han registrado numerosos casos de envenenamiento por cadmio entre trabajadores industriales y comunidades expuestas a niveles elevados de contaminación (Das & Al-Naemi, 2019).



**Figura 1:** El cadmio (Cd), un metal tóxico presente en el ambiente, puede acumularse en distintos órganos del cuerpo como el hígado, páncreas, tejido adiposo y riñones. Esta acumulación de  $Cd^{2+}$  se ha relacionado con alteraciones metabólicas que favorecen el desarrollo de obesidad, síndrome metabólico y diabetes tipo 2.

El Cd penetra en los organismos vivos a través del agua o los alimentos, en el intestino, el cadmio (Cd) es absorbido a través de transportadores de metales como Fe, Zn, Mn y Ca. Además, puede ingresar mediante transcitosis y endocitosis mediada por receptores en su forma unida a metalotioneína (Cd-MT) o fitoquelatinas (CdPC) de origen vegetal. Una vez absorbido, el Cd se transporta al hígado, donde estimula la síntesis de metalotioneína y forma complejos Cd-MT, que luego circulan en la sangre, se filtran en los riñones y son reabsorbidos por las células tubulares. En sangre, la mayor parte del Cd se encuentra en los eritrocitos. Como los riñones retienen la mayor parte del Cd, su acumulación en el cuerpo aumenta con la edad. La eliminación del Cd ocurre principalmente a través de la orina en forma de CdMT, aunque la mayor parte proviene de células tubulares dañadas. Los mecanismos de su toxicidad, como el estrés oxidativo, la inflamación y el daño celular, se han descrito a lo largo de los años, así como su relación con el desarrollo de diferentes enfermedades, estos casos suelen involucrar altas concentraciones (Thévenod & Lee, 2013).

Entre las principales enfermedades causadas por altas concentraciones a cadmio, se encuentran la Enfermedad de Itai-Itai, la cual ocurrió en Japón, debido a la contaminación del agua por residuos mineros, la cual se caracteriza por osteomalacia severa (huesos frágiles y dolorosos) y fallo renal. También puede generar daño renal severo (nefrotoxicidad) por acumulación en los riñones generando disfunción tubular renal,

reduciendo la capacidad de los riñones para reabsorber proteínas, calcio y minerales en la orina. El daño Pulmonar por la inhalación de polvos y vapores de cadmio puede provocar enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y fibrosis pulmonar. Además, se ha relacionado con un mayor riesgo de cáncer de pulmón, principalmente en trabajadores expuestos a humos de cadmio (Charkiewicz *et al.*, 2023).

Sin embargo, la exposición a bajas concentraciones de cadmio en el ambiente ha recibido menos atención científica, a pesar de sus posibles efectos acumulativos a largo plazo en la salud humana.

### **Cadmio y enfermedades metabólicas**

Estudios recientes sugieren que el cadmio a concentraciones de mínimo riesgo (valores que se usan para identificar exposiciones ambientales que no se esperan que dañen la salud) pueden generar una disrupción metabólica y el desarrollo de resistencia a insulina, hígado graso, obesidad, hipertensión y diabetes tipo 2. Como se muestra en la Figura 1, el cadmio afecta varios órganos clave en el desarrollo de estas enfermedades (Moroni-González *et al.*, 2023).

### **Cadmio y daño pancreático**

Después de la exposición a Cd en dosis definidas como no tóxicas, se ha mostrado que la exposición al cadmio causa un aumento sérico y acumulación del metal en el páncreas y los islotes de Langerhans e hiperglucemia asociadas con una alta producción de insulina. El cadmio aumenta la resistencia a la

insulina en el hígado, el tejido adiposo y el sistema cardiovascular, mientras que los índices de sensibilidad a insulina se ven disminuidos (HOMA-S%, QUICKI y Matsuda-DeFronzo). Los grupos expuestos a Cd presentan altos niveles de especies reactivas de oxígeno (ROS) y peroxidación lipídica. Un aumento en las concentraciones de MT y Glutación (GSH) con el aumento de la actividad enzimática del sistema glutatión, catalasa y superóxido dismutasa mantuvo un ambiente redox favorable, gracias a esto, los islotes de Langerhans muestran una alta tasa de supervivencia de las células de los islotes de Langerhans, así como hipertrofia celular, evitando así la muerte celular. Sin embargo, esta adaptación puede llevar a una hiperproducción de insulina, indicando un estado compensatorio de resistencia a la insulina (Moroni-González *et al.*, 2024; Treviño *et al.*, 2015).

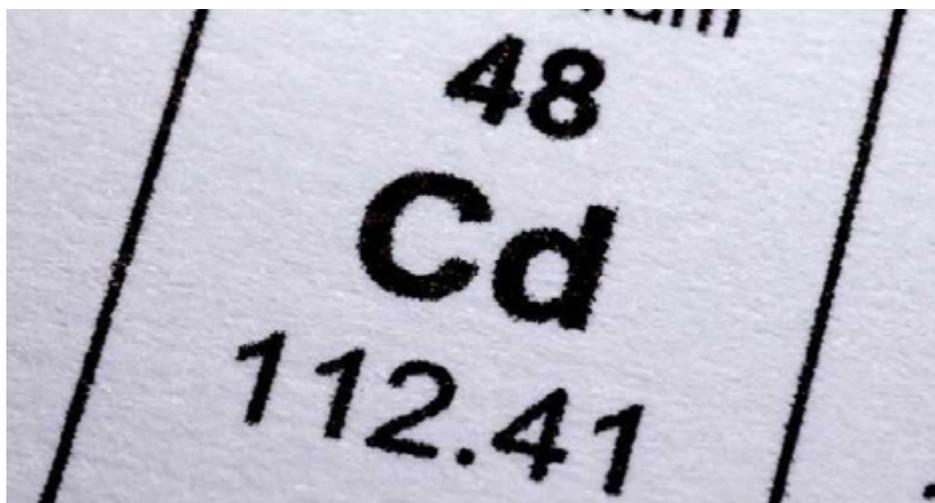
#### **Cadmio y resistencia hepática a insulina**

Se ha informado que la exposición subaguda de una concentración de cadmio NOAEL (nivel sin efecto adverso observable) genera intolerancia a la glucosa, hiperinsulinemia, hiperleptinemia, inflamación y resistencia selectiva a la insulina en el hígado y el tejido adiposo. En el hígado, la síntesis de glucógeno disminuye, evento asociado al desarrollo de resistencia a insulina. Asimismo, que la exposición al Cd causa un aumento de ROS y del brazo miogénico de la señalización de la insulina, vía involucrada en procesos de crecimiento y proliferación. En el curso temporal

de la exposición a estas dosis de cadmio se acentúa la producción de ROS disminuyendo crónicamente la defensa antioxidante, la sobreacumulación hepática de triglicéridos y las señales mitogénicas que desarrollan resistencia a la insulina. Finalmente, la inflamación y la peroxidación lipídica se presentan ante una exposición constante al Cd, mientras que la homeostasis de lípidos y carbohidratos se deteriora (Sarmiento-Ortega *et al.*, 2022, 2023).

#### **Cadmio e hígado graso y dislipidemia**

La exposición a dosis LOAEL (nivel mínimo de efectos adversos observados) y NOAEL ha evidenciado un acumulo gradual importante en hígado. A nivel hepático la exposición a Cd a dosis ambientales altera la concentración de lípidos séricos y hepáticos. En hígado se incrementa considerablemente la concentración y el resguardo de colesterol y triglicéridos ya que la lipogénesis *de novo* aumenta debido a un incremento en la expresión de la proteína de unión al elemento regulador de esteroides 1c (SREBP-1c), factor de transcripción que regula la síntesis de lípidos y la homeostasis lipídica, lo cual genera un fenotipo similar al hígado graso no alcohólico. Además, se observa un incremento de la concentración de triglicéridos, colesterol total, colesterol LDL, colesterol VLDL y una disminución de colesterol HDL, además que se observa el desarrollo de LDL y HDL pequeñas ricas en triglicéridos, que favorecen un entorno aterogénico asociado a la dislipidemia (Sarmiento-Ortega *et al.*, 2017, 2022).



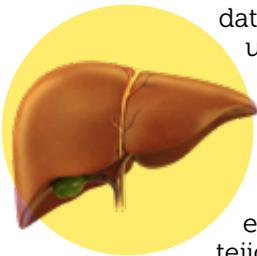
## Cadmio y obesidad

La exposición a dosis de mínimo riesgo de cadmio muestra un aumento en la concentración de Cd en el tejido adiposo de Cd, indicando que es un órgano blanco de su toxicidad. Se muestra un incremento en valores de peso, índice de masa corporal (IMC) y porcentaje de grasa, asociados a un incremento de la hipertrofia adipocítica. El balance redox se mantuvo debido al aumento de la expresión del factor nuclear eritroide 2 (Nrf2). Se observa un incremento en la concentración de la leptina, mientras que la adiponectina disminuyó (hormonas secretadas por el tejido adiposo metabólicamente importantes), indicando una disfunción del tejido. La resistencia a la insulina adiposa aumenta simultáneamente con la lipólisis y la intolerancia a la glucosa a pesar de la alta expresión del transportador de glucosa tipo 4 (GLUT4). Estos datos revelan que el cadmio genera un incremento de la obesidad, relacionado con disfunción del tejido adiposo estrechamente relacionada con inflamación y resistencia a la insulina (Sarmiento-Ortega *et al.*, 2025).

## Conclusiones

El cadmio, incluso en concentraciones ambientales, puede acumularse en tejidos clave como el páncreas, el hígado y el tejido adiposo, dependiendo de la dosis y vía de exposición. Esta acumulación se asocia con alteraciones metabólicas, incluyendo el síndrome metabólico. Aunque los mecanismos precisos aún no están completamente definidos, se reconoce que el estrés oxidativo y la inflamación desempeñan

un papel importante en la progresión de enfermedades como la diabetes. Se plantea que la exposición al cadmio podría inducir cambios celulares adaptativos, como hipertrofia o hiperplasia, especialmente en el páncreas y tejido adiposo, afectando su función endocrina y promoviendo hiperinsulinemia, resistencia a la insulina y eventual disfunción celular. Además, la alteración en la secreción de adipocinas como leptina y adiponectina impacta negativamente en el equilibrio metabólico. Dada esta evidencia, el cadmio debe ser considerado un factor de riesgo en enfermedades metabólicas, y es esencial que futuros estudios se enfoquen en esclarecer los mecanismos moleculares implicados para desarrollar posibles estrategias terapéuticas.



## REFERENCIAS

- Charkiewicz, A. E., Omeljaniuk, W. J., Nowak, K., Garley, M., & Nikliński, J. (2023). Cadmium Toxicity and Health Effects—A Brief Summary. *Molecules*, 28(18), 6620. <https://doi.org/10.3390/molecules28186620>
- Cheng, K., Tian, H. Z., Zhao, D., Lu, L., Wang, Y., Chen, J., Liu, X. G., Jia, W. X., & Huang, Z. (2014). Atmospheric emission inventory of cadmium from anthropogenic sources. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 11(3), 605–616. <https://doi.org/10.1007/s13762-013-0206-3>
- Das, S. C., & Al-Naemi, H. A. (2019). Cadmium Toxicity: Oxidative Stress, Inflammation and Tissue Injury. *Occupational Diseases and Environmental Medicine*, 07(04), 144–163. <https://doi.org/10.4236/odem.2019.74012>
- Fatima, G., Raza, A. M., Hadi, N., Nigam, N., & Mahdi, A. A. (2019). Cadmium in Human Diseases: It's More than Just a Mere Metal. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 34(4), 371–378. <https://doi.org/10.1007/s12291-019-00839-8>
- Moroni-González, D., Sarmiento-Ortega, V. E., Diaz, A., Brambila, E., & Treviño, S. (2023). Pancreas–Liver–Adipose Axis: Target of Environmental Cadmium Exposure Linked to Metabolic Diseases. *Toxics*, 11(3), 223. <https://doi.org/10.3390/toxics11030223>
- Moroni-González, D., Sarmiento-Ortega, V. E., Diaz, A., Brambila, E., & Treviño, S. (2024). Pancreatic Antioxidative Defense and Heat Shock Proteins Prevent Islet of Langerhans Cell Death After Chronic Oral Exposure to Cadmium LOAEL Dose. *Biological Trace Element Research*, 202(8), 3714–3730. <https://doi.org/10.1007/s12011-023-03955-y>
- Sarmiento-Ortega, V. E., Alcántara-Jara, D. I., Moroni-González, D., Diaz, A., Vázquez-Roque, R. A., Brambila, E., & Treviño, S. (2025). Chronic cadmium exposure to minimal-risk doses causes dysfunction of epididymal adipose tissue and metabolic disorders. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 495, 117203. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2024.117203>
- Sarmiento-Ortega, V. E., Moroni-González, D., Diaz, A., Brambila, E., & Treviño, S. (2023). ROS and ERK Pathway Mechanistic Approach on Hepatic Insulin Resistance After Chronic Oral Exposure to Cadmium NOAEL Dose. *Biological Trace Element Research*, 201(8), 3903–3918. <https://doi.org/10.1007/s12011-022-03471-5>
- Sarmiento-Ortega, V. E., Moroni-González, D., Diaz, A., Eduardo, B., & Samuel, T. (2022). Oral Subacute Exposure to Cadmium LOAEL Dose Induces Insulin Resistance and Impairment of the Hormonal and Metabolic Liver-Adipose Axis in Wistar Rats. *Biological Trace Element Research*, 200(10), 4370–4384. <https://doi.org/10.1007/s12011-021-03027-z>
- Sarmiento-Ortega, V. E., Treviño, S., Flores-Hernández, J. Á., Aguilar-Alonso, P., Moroni-González, D., Aburto-Luna, V., Diaz, A., & Brambila, E. (2017). Changes on serum and hepatic lipids after a chronic cadmium exposure in Wistar rats. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 635, 52–59. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2017.10.003>
- Satarug, S., Vesey, D. A., Gobe, G. C., & Phelps, K. R. (2023). Estimation of health risks associated with dietary cadmium exposure. *Archives of Toxicology*, 97(2), 329–358. <https://doi.org/10.1007/s00204-022-03432-w>
- Thévenod, F., & Lee, W.-K. (2013). *Toxicology of Cadmium and Its Damage to Mammalian Organs* (pp. 415–490). [https://doi.org/10.1007/978-94-007-5179-8\\_14](https://doi.org/10.1007/978-94-007-5179-8_14)
- Treviño, S., Waalkes, M. P., Flores Hernández, J. A., León-Chavez, B. A., Aguilar-Alonso, P., & Brambila, E. (2015). Chronic cadmium exposure in rats produces pancreatic impairment and insulin resistance in multiple peripheral tissues. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 583, 27–35. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2015.07.010>

Reportamos para Puebla,  
México y la comunidad  
migrante en Estados Unidos



**Exilio**  
periodismo binacional



Síguenos en nuestras redes



<https://exilio.mx>

# VOCES DE EXPERTOS

PHYSIOS

+CIENCIA +TECNOLOGÍA +CONOCIMIENTO



> JAZMÍN  
ALVARADO  
GODÍNEZ



> HAYDE  
PEREGRINA  
BARRETO



> DELIA IRAZÚ  
HERNÁNDEZ  
FARIAS



> BLANCA O.  
MURILLO ORTIZ



## Mamografía por impedancia eléctrica: una tecnología no invasiva para la detección del cáncer de mama

**POR:** JAZMÍN ALVARADO GODÍNEZ, HAYDE PEREGRINA BARRETO, DELIA IRAZÚ HERNÁNDEZ FARIAS Y BLANCA O. MURILLO ORTIZ  
DOI:10.60647/q3yr-rw85

CÁNCER DE MAMA, MAMOGRAFÍA, TECNOLOGÍAS EMERGENTES

### Resumen

**E**l desarrollo de tecnologías emergentes para la detección de cáncer de mama, complementarias a los métodos de tamizaje estándar, busca ayudar a identificar anomalías en etapas tempranas y poder ser aplicadas también a mujeres jóvenes. La mamografía por impedancia eléctrica (EIM por sus siglas en Inglés) es una tecnología que no utiliza radiación y estudia la conductividad eléctrica del tejido mamario para detectar anomalías que pueden estar relacionadas al cáncer de mama y otras condiciones. Si bien la EIM no reemplaza a la mamografía convencional, es un estudio de puede aportar información adicional sin generar un riesgo mayor por exposición a radiación ni restricciones de edad. Esta tecnología ha sido explorada en diversas investigaciones alrededor del mundo y ha sido aprobada por la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA por sus siglas en Inglés). Recientemente, el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) ha empezado a integrar esta tecnología en una investigación para el análisis de sus características y su relación con la mastografía tradicional, recabando información de la población mexicana. De esta manera, se suman los esfuerzos en investigación para el estudio y futura aplicación de tecnología reciente en la lucha contra el cáncer de mama a nivel nacional.

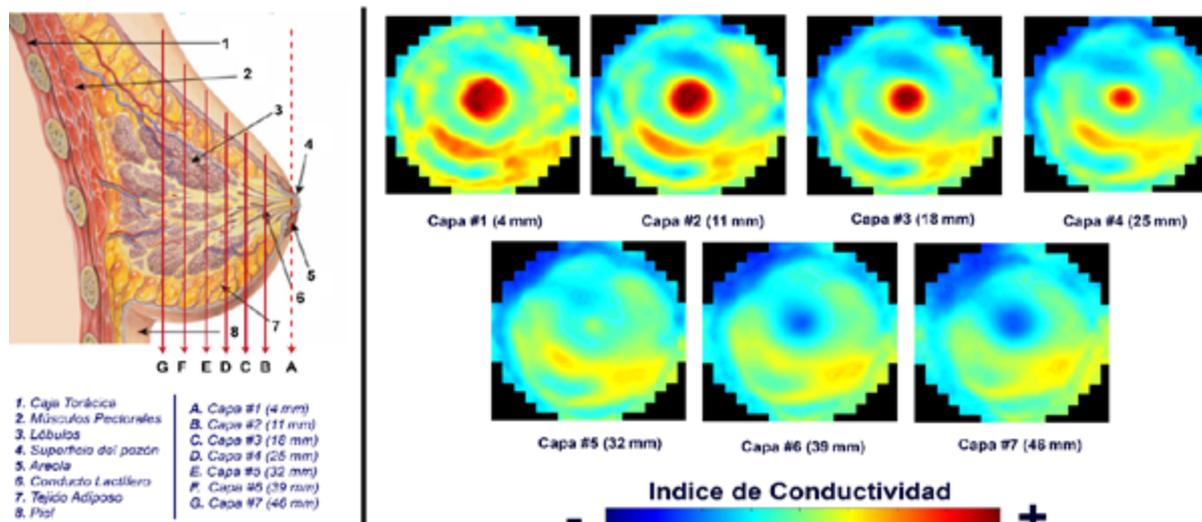


Fig. 1 Izquierda: Diagrama de la representación de las capas captadas por el dispositivo MEIK. Derecha: Las imágenes captadas por el dispositivo MEIK para cada capa cuyo color está asociado al índice de conductividad (IC) que a su vez se asocia con la densidad del tejido. Una mayor densidad podría estar relacionada a una lesión.

El cáncer de mama en la actualidad es una de las principales causas de muerte en mujeres a nivel mundial, lo que requiere la necesidad de crear herramientas diagnósticas que sean más precisas y accesibles para su detección temprana. En México, en 2023 se registraron más de 8,000 fallecimientos debido a esta enfermedad, representando el 9% del total de fallecimientos por tumores malignos en mujeres según reportes del INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2024). La detección oportuna del cáncer de mama es crucial para mejorar las tasas de supervivencia y facilitar el acceso a tratamientos menos invasivos. Sin embargo, los métodos convencionales, aunque son efectivos en muchos casos, presentan algunas limitaciones, especialmente en mujeres jóvenes o con alta densidad mamaria. Estas limitaciones han impulsado la búsqueda de tecnologías emergentes que complementen los procedimientos existentes, permitiendo identificar anomalías relacionadas con el cáncer en etapas tempranas y el poder ser aplicadas a mujeres menores de 40 años. Con este objetivo, herramientas como la mamografía por impedancia eléctrica (EIM por sus siglas en inglés) han surgido como una alternativa prometedora, ofreciendo una solución in-

novadora que podría transformar la manera en que se aborda la detección del cáncer de mama en todo el mundo.

### Los procesos de tamizaje actuales y su evolución

En México, la lucha contra el cáncer de mama está respaldada por la Norma Oficial Mexicana NOM-041-SSA2-2002, que establece estrategias claras para su detección temprana (Secretaría de Salud, 2003). Entre ellas se incluyen la autoexploración mamaria, que es recomendada a partir de los 20 años, el examen clínico de las mamas, recomendado a partir de los 25 años, y la mastografía, que se realiza cada dos años a mujeres de entre 40 y 69 años. A pesar de la efectividad de estos métodos, existen desafíos importantes, especialmente en mujeres menores de 40 años o con alta densidad mamaria. En estos casos, la mastografía puede tener limitaciones para identificar ciertas lesiones debido a las características del tejido. Para abordar estas limitaciones, se han introducido estudios complementarios a las mastografías convencionales como el ultrasonido mamario y, más recientemente, la mamografía por impedancia eléctrica.

La EIM es un método emergente que no

utiliza radiación y analiza la conductividad eléctrica del tejido mamario para detectar anomalías. Este enfoque se basa en un descubrimiento realizado en 1926 en el cual se encontró que las células malignas presentan cambios específicos en su impedancia eléctrica (Raneta *et al.*, 2012). A partir de esta propiedad, se desarrolló un sistema diagnóstico que fue capaz de evaluar el riesgo de cáncer de mama y otras condiciones, como la mastitis, la enfermedad fibroquística e incluso la involución fisiológica del tejido.

Con esta herramienta, la ciencia médica amplía las posibilidades de detección oportuna, ofreciendo un método seguro, accesible y complementario a las técnicas tradicionales para proteger la salud mamaria de las mujeres en todas las etapas de su vida.

### ¿Cómo funciona la mamografía por impedancia eléctrica?

La EIM es una tecnología que analiza cómo se comporta la electricidad dentro del tejido mamario. En lugar de utilizar rayos X como en la mamografía convencional, este método mide la capacidad del tejido para resistir o permitir el paso de la corriente eléctrica, un fenómeno conocido como impedancia eléctrica. El principio de funcionamiento de la EIM se basa en que los diferentes tipos de tejido tienen distintas propiedades eléctricas. Por ejemplo, las células malignas tienden a contener más agua y electrolitos como sodio, calcio y potasio, lo que las hace más conductivas que las células normales. Esto significa que los tumores cancerosos permiten que la corriente fluya con mayor facilidad, mientras que el tejido sano ofrece una mayor resistencia.

El procedimiento de la EIM es simple y no invasivo: se colocan electrodos en la piel del paciente, los cuales emiten una corriente eléctrica de muy baja intensidad. A partir de las mediciones de resistencia en distintos puntos, el dispositivo genera una imagen detallada de la distribución de la impedancia en la mama, permitiendo identificar zonas donde el tejido presenta características normales o anómalas. Este método resulta particularmente útil en mujeres con alta densidad mamaria, una condición que puede dificultar la detección de tumores en mamografías tradicionales debido a la uniformidad del tejido



glandular. Como la EIM no depende de la densidad del tejido, puede ofrecer información adicional que ayude a una detección más precisa.

Si bien la EIM no reemplaza a la mamografía convencional, su capacidad para analizar las propiedades eléctricas del tejido mamario sin necesidad de radiación la convierte en una herramienta complementaria valiosa en la detección temprana del cáncer de mama.

### Evidencia científica y avances tecnológicos

Desde su desarrollo, la EIM ha ganado reconocimiento internacional como una herramienta efectiva para diferenciar tumores benignos y malignos en el tejido mamario. Investigadores en países como Alemania, Estados Unidos, Rusia, Canadá, China y el Reino Unido han realizado numerosos estudios que respaldan su eficacia posicionándola como una opción prometedora para la detección temprana del cáncer de mama.

Uno de los avances más destacados ocurrió en 2005, cuando un estudio clínico llevado a cabo con el dispositivo T-Scan 2000 ED, aprobado por la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés), demostró su alto potencial en mujeres menores de 50 años.

En una muestra de 1103 pacientes, se logró detectar 29 casos de cáncer de mama, con una sensibilidad que alcanzó entre el 92% y el 100% en tumores menores de 10 milímetros. Estos resultados subrayan la capacidad de esta tecnología para identificar lesiones en etapas muy tempranas, un factor crucial para mejorar los pronósticos.

En Rusia, los avances también han sido significativos. Investigadores desarrollaron el dispositivo MEIK, una herramienta basada en impedancia eléctrica que ha demostrado una precisión del 87.39% en la detección de anomalías mamarias. Estos logros internacionales consolidan a la mamografía por impedancia eléctrica como una tecnología con un impacto global, capaz de complementar los métodos convencionales y aportar soluciones innovadoras en la lucha contra el cáncer de mama.

### **Mamografía por Impedancia Eléctrica en el IMSS y su impacto en la detección temprana**

Este dispositivo ya está disponible en México con registro en COFEPRIS, lo que representa un gran paso para su implementación en el país. El Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) ha integrado la mamografía por impedancia eléctrica como parte de un proyecto para analizar sus características. Esta técnica permite obtener imágenes detalladas del tejido mamario a distintas profundidades, brindando una visión más completa de su estructura y facilitando una evaluación más precisa. La investigación que se está desarrollando con esta tecnología está estudiando su aplicación en población mexicana y el cómo se relacionan los hallazgos EIM con los resultados de la mastografía tradicional. (Murillo-Ortiz *et al.*, 2019).

Los estudios recabados incluyen una población diversa que abarca mujeres de los 25 a los 75 años, así como en pacientes que han recibido tratamientos hormonales, farmacológicos o quirúrgicos. También ha sido empleada en mujeres que han pasado por procedimientos de cirugía estética, lo que ha permitido analizar cómo distintas condiciones fisiológicas y clínicas pueden influir en el tejido mamario.

Con este proyecto de investigación, el IMSS reafirma su compromiso con la salud de las mujeres al incorporar tecnología avanzada



y enfoques innovadores que mejoran la detección y el tratamiento oportuno del cáncer de mama. La IEM se presenta como una alternativa complementaria a los métodos tradicionales, ofreciendo una opción sin radiación y accesible para un mayor número de pacientes.

## Conclusión

El esfuerzo por mejorar la detección del cáncer de mama continúa, al igual que la necesidad de optimizar las herramientas de diagnóstico temprano. La mastografía convencional sigue siendo el estándar de los métodos de tamizaje; sin embargo, en este contexto, la exploración de nuevas tecnologías amplía las opciones disponibles. Esta alternativa complementa los métodos tradicionales, ofreciendo una opción sin radiación y con un enfoque accesible para más mujeres.

Esta técnica ha demostrado en estudios internacionales e investigación en el IMSS ha mostrado su potencial para identificar anomalías en el tejido mamario. Estos avances abren nuevas posibilidades para mejorar la precisión en el diagnóstico del cáncer de mama, especialmente en poblaciones donde el acceso a estudios convencionales es limitado. Si bien no existe una única herramienta que garantice la detección total de la enfermedad, el avance de la tecnología médica permite diversificar las opciones de

## REFERENCIAS

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2024). *Estadísticas a propósito del Día Internacional de la Lucha contra el Cáncer de Mama (19 de octubre)* [Comunicado de prensa núm. 599/24]. INEGI.
- Murillo-Ortiz, B., Rodríguez-Penin, A., Hernández-Ramírez, A., Rivera-Villanueva, T., Moran-González, A. E., Martínez-Garza, S., Suárez-García, D., Pérez-Murguía, M., & Romero-Coripuna, R. (2019). Diagnóstico de cáncer de mama mediante mamografía por electroimpedancia computarizada MEIK. *Revista Mexicana de Mastología*, *9*(1), 20-28. <https://doi.org/10.24875/RMM.M19000003>
- Raneta, O., Ondruš, D., & Bella, V. (2012). Utilization of electrical impedance tomography in breast cancer diagnosis. *Klinicka Onkologie*, *25*(1), 36-41.
- Secretaría de Salud. (2003). *Norma Oficial Mexicana NOM-041-SSA2-2002, Para la prevención, diagnóstico, tratamiento, control y vigilancia epidemiológica del cáncer de mama*. Diario Oficial de la Federación, 17 de septiembre de 2003.

diagnóstico y mejorar las oportunidades de atención. El verdadero reto no solo está en perfeccionar estas innovaciones, sino en garantizar que lleguen a quienes más las necesitan, asegurando que todas las mujeres tengan acceso a métodos de detección efectivos y oportunos.



# MUNICIPIOS PUEBLA

Infórmate del **acontecer diario** en cada una de las **regiones del estado** a través de **Municipios Puebla**

**PARA NOSOTROS TODAS Y TODOS SON IMPORTANTES, POR ESO DESDE 2010 LLEGAMOS A LOS 217 MUNICIPIOS DE LA ENTIDAD**



Si algo pasa en tu comunidad o municipio nos lo puedes hacer saber a través de:

 Municipios Puebla  @MunicipiosPue  @municipiospuebla

**WWW.MUNICIPIOSPUEBLA.MX**

En **Municipios Puebla** contamos la historia y la tuya, puede ser **la más importante.**



> FÁTIMA  
DEL CARMEN  
CRUZ CRUZ



> CÉSAR  
ESPINOZA  
RAMÍREZ



> ALAN  
COUTTOLENC  
AGUIRRE



# Barreras naturales: mecanismo de defensa en infecciones de *Candida spp.*

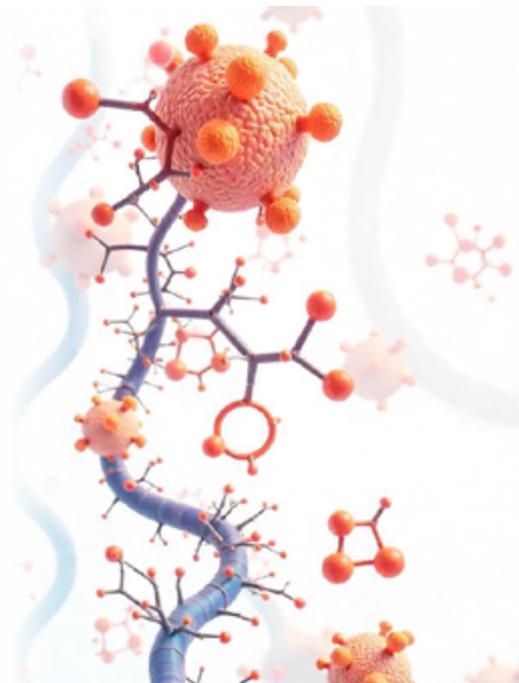
**POR:** FÁTIMA DEL CARMEN CRUZ CRUZ, CÉSAR ESPINOZA RAMÍREZ  
Y ALAN COUTTOLENC AGUIRRE

**COLABORACIÓN EN EL DISEÑO DE FIGURAS:**  
LBM CITLALI OLIVARES VILLAVICENCIO.

**CANDIDOSIS; BIOPELÍCULAS; ANTIFÚNGICOS**

## Resumen:

La mayoría de los hongos levaduriformes de relevancia clínica, como los del género *Candida*, pueden causar micosis en los seres humanos, estas infecciones pueden ser agudas o crónicas y, en algunos casos, llegar a un nivel sistémico, una de las principales estrategias de las especies de *Candida* para resistir a los tratamientos es la formación de estructuras organizadas que favorecen su propagación y dificultan la acción de los medicamentos, conocidas como biopelículas.



### Contenido:

Los humanos hemos estado en contacto con los hongos desde nuestro origen (Siscar-Lewin *et al.*, 2022), estos pueden ser benéficos o perjudiciales, específicamente en los humanos pueden causar enfermedades al producir alergias, generar toxinas o provocar infecciones conocidas como micosis (Kaur & Nobile, 2023). Las micosis han aumentado en los últimos años, debido al aumento de personas inmunocomprometidas (pacientes con cáncer, infectadas con VIH) y la creciente población de edad avanzada (Lee *et al.*, 2021). Los hongos del género *Candida* son responsables de las principales micosis que afectan a los humanos, en especial a personas que han sufrido procedimientos clínicos invasivos o han experimentado un tratamiento importante a una enfermedad, no necesariamente causada por hongos, en particular, la candidosis invasiva y la candido-

mia destacan por sus altas tasas de mortalidad, que pueden oscilar entre el 25 y 50 %, la enfermedad grave es atribuida a factores como el dimorfismo, la producción de enzimas y la formación de biopelículas.

Las biopelículas permiten que los microorganismos se adhieran a superficies y se protejan mediante una matriz extracelular, esta organización les confiere resistencia a los tratamientos y a la respuesta inmunitaria del huésped, se estima que el 50 % de las infecciones están relacionadas con este tipo de crecimiento, como se muestra en la Figura 1. las biopelículas de *Candida albicans* y *C. parapsilosis* destacan por su alta capacidad de formar estas comunidades. Dentro de su estructura, se encuentran células en forma de levadura e hifas rodeadas por sustancias poliméricas extracelulares (Nithyanand *et al.*, 2015)

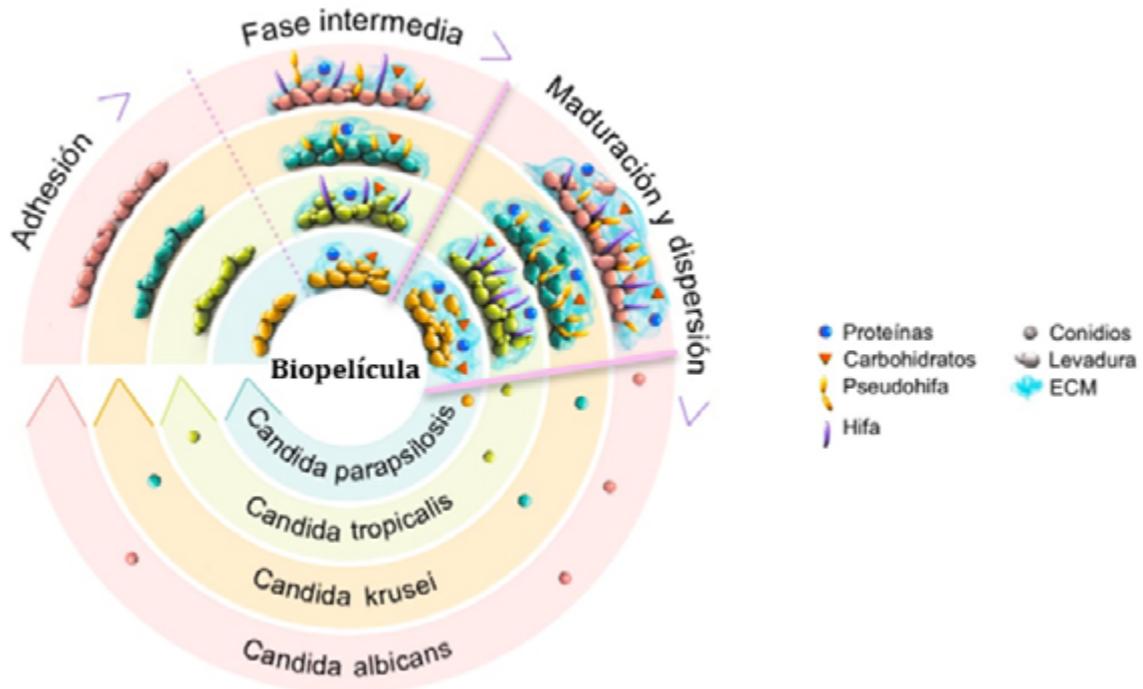


Fig. 1 Estructura de las biopelículas de especies *Candida*, mostrando las etapas de formación: adhesión, fase intermedia, maduración y dispersión

Dentro de estas comunidades, las levaduras de *Candida* presentan mayor resistencia, ya que la matriz extracelular actúa como barrera física, impidiendo la penetración de los medicamentos, además, las células pueden adoptar estados metabólicos menos susceptibles y secretar sustancias que descomponen o inactivan los compuestos utilizados para su eliminación, esta organización también permite la coexistencia con bacterias, lo que puede aumentar la dificultad del tratamiento. Además, se ha observado que estos cambios pueden afectar la virulencia del patógeno, aumentando su capacidad de invasión en los tejidos del huésped, además algunas condiciones ambientales y la disponibilidad de nutrientes, pueden modular la formación de estas comunidades, lo que podría sugerir nuevas estrategias para su control (Pemán *et al.*, 2010).

En la Figura 2. se muestran los mecanismos que pueden inducir la formación de biopelículas al crear condiciones de estrés que impulsan a las células a activar mecanismos de respuesta genética y epigenética, dando lugar a la aparición de variantes genéticas con mayor resistencia a los antifúngicos, estos cambios pueden incluir mutaciones que afectan las dianas de los medicamentos, la expresión de bombas de eflujo que expulsan los antifúngicos fuera de la célula, y alteraciones en las vías metabólicas que permiten a las células sobrevivir en presencia de los tratamientos (Lee *et al.*, 2021). Enfren-

tar las infecciones causadas por biopelículas de *Candida* spp. ha llevado a explorar enfoques terapéuticos más complejos, como la combinación de antibióticos y antifúngicos (Hacioglu *et al.*, 2024), las biopelículas no solo protegen a las células fúngicas al crear una barrera física, sino que también favorecen la coexistencia de bacterias que incrementan la resistencia al tratamiento (Cavalheiro & Teixeira, 2018).

La resistencia de *Candida* spp. a los tratamientos es un problema multifactorial, el uso recurrente de medicamentos, los dispositivos médicos implantados y la terapia antibacteriana de amplio espectro han favorecido la aparición de cepas resistentes, se ha descrito que la capacidad de supervivencia en estas estructuras puede ser hasta 1,000 veces mayor que en su forma dispersa (Castrillón Rivera *et al.*, 2013).

El tratamiento de las infecciones por especies de *Candida* depende del tipo de candidosis y del estado del paciente, puede incluir medicamentos tópicos para infecciones leves o tratamientos sistémicos prolongados en casos graves, actualmente, se están explorando nuevos enfoques para mejorar los tratamientos, se buscan compuestos naturales y sintéticos que impidan la formación de las biopelículas desde el inicio, así como, se han explorado estrategias como la combinación de terapias y el uso de fármacos que alteren la matriz extracelular de estas estructuras (Reyes-Montes *et al.*, 2017).

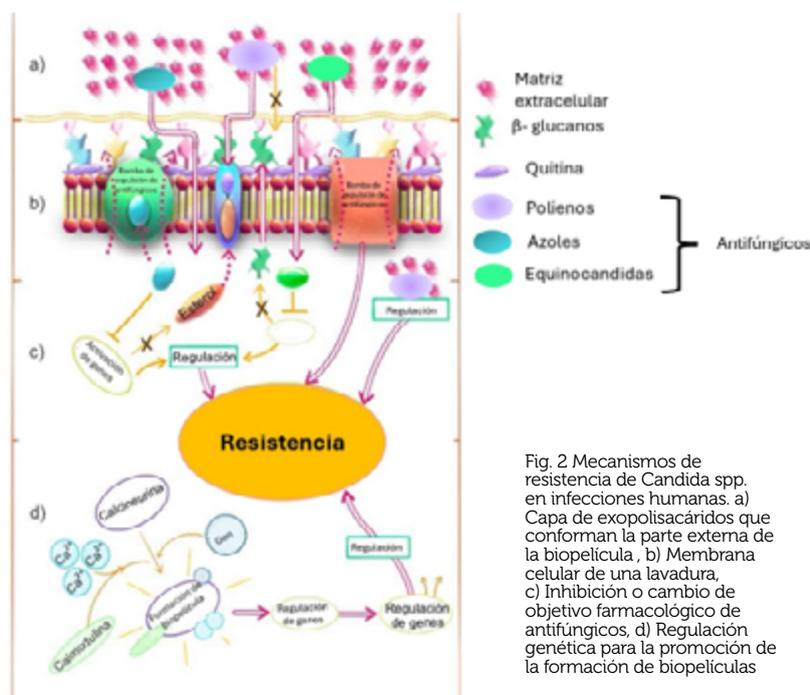


Fig. 2 Mecanismos de resistencia de *Candida* spp. en infecciones humanas. a) Capa de exopolisacáridos que conforman la parte externa de la biopelícula, b) Membrana celular de una levadura, c) Inhibición o cambio de objetivo farmacológico de antifúngicos, d) Regulación genética para la promoción de la formación de biopelículas

### Conclusión:

Las infecciones por *Candida* spp. y su capacidad de generar estructuras resistentes representan un desafío significativo en la práctica clínica, la dificultad para eliminarlas ha impulsado la búsqueda de nuevas estrategias terapéuticas, entre las opciones más prometedoras está la combinación de distintos tratamientos, el desarrollo de nuevos compuestos que interfieran con la organización celular de especies de *Candida* y la exploración de fuentes naturales para obtener sustancias efectivas, además, es crucial optimizar la dosificación de los tratamientos para reducir la aparición de resistencia.

Se han planteado estrategias innovadoras como el uso de nanomateriales para dirigir antifúngicos directamente a la infección, evitando efectos adversos y aumentando la eficacia del tratamiento, otro enfoque en desarrollo es la identificación de moléculas que interrumpan la comunicación celular dentro de estas comunidades, debilitando su estructura y facilitando su eliminación, la investigación en este campo continúa siendo fundamental para mejorar el manejo de estas infecciones, con el avance en el conocimiento de los mecanismos de resistencia, es posible diseñar terapias más efectivas y reducir el impacto de las infecciones por especies de *Candida* en la salud pública.

### REFERENCIAS:

- Cavalheiro, M., & Teixeira, M. C. (2018). Candida Biofilms: Threats, Challenges, and Promising Strategies. *Frontiers in Medicine*, 5(FEB). <https://doi.org/10.3389/FMED.2018.00028>
- Estela Castrillón Rivera, L., Palma Ramos, A., del Carmen Padilla Desgarenes, M., & Laura Estela Castrillón Rivera, D. (2013). Biopelículas fúngicas. *Dermatol Rev Mex*, 57.
- Hacioglu, M., Yilmaz, F. N., Yetke, H. I., & Haciosmanoglu-Aldogan, E. (2024). Synergistic effects of quorum-sensing molecules and antimicrobials against *Candida albicans* and *Pseudomonas aeruginosa* biofilms: in vitro and in vivo studies. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 79(11), 2828–2836. <https://doi.org/10.1093/JAC/DKAE293>
- Kaur, J., & Nobile, C. J. (2023). Antifungal drug-resistance mechanisms in *Candida* biofilms. *Current Opinion in Microbiology*, 71, 102237. <https://doi.org/10.1016/J.MIB.2022.102237>
- Lee, Y., Puumala, E., Robbins, N., & Cowen, L. E. (2021). Antifungal Drug Resistance: Molecular Mechanisms in *Candida albicans* and Beyond. *Chemical Reviews*, 121(6), 3390–3411. <https://doi.org/10.1021/ACS.CHEMREV.0C00199>
- Nithyanand, P., Mohmed Beema Shafreen, R., Muthamil, S., & Karutha Pandian, S. (2015). Usnic acid inhibits biofilm formation and virulent morphological traits of *Candida albicans*. *Microbiological Research*, 179, 20–28. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.06.009>
- Pemán, Javier., Martín-Mazuelos, Estrella., & Rubio Calvo, M. Carmen. (2010). *Guía práctica de identificación y diagnóstico en micología clínica*. Revista Iberoamericana de Micología.
- Reyes-Montes, M. del R., Duarte-Escalante, E., Martínez-Herrera, E., Acosta-Altamirano, G., & Frias-De León, M. G. (2017). Current status of the etiology of candidiasis in Mexico. *Revista Iberoamericana de Micología*, 34(4), 203–210. <https://doi.org/10.1016/J.RIAM.2017.05.001>
- Siscar-Lewin, S., Hube, B., & Brunke, S. (2022). Emergence and evolution of virulence in human pathogenic fungi. *Trends in Microbiology*, 30(7), 693–704. <https://doi.org/10.1016/J.TIM.2021.12.013>





> SALVADOR  
GONZÁLEZ  
PALOMARES



> JOSÉ  
ANTONIO  
CHÁVEZ  
LEDEZMA



> RAÚL  
CASTILLÓN  
BENAVIDES



DOI:  
10.60647/j4v7-7368

# Piña en México:

## Un sabor dulce con impacto socioeconómico

**POR:** SALVADOR GONZÁLEZ PALOMARES, JOSÉ ANTONIO CHÁVEZ LEDEZMA, RAÚL CASTILLÓN BENAVIDES

PIÑA, IMPORTANCIA ECONÓMICA, SEGURIDAD ALIMENTARIA.

México, es un país reconocido por su amplia biodiversidad y su gran gama de productos agrícolas. El cultivo de la piña ocupa un lugar destacado en la producción mundial. Esta fruta tropical es apreciada por su sabor dulce y jugoso, ha trascendido las fronteras nacionales y se ha convertido en un importante producto de exportación. El cultivo de la piña en México no sólo representa una fuente de ingresos para miles de productores, sino que además contribuye a la seguridad alimentaria y al desarrollo socioeconómico de diversas regiones del país. Por lo anterior, el objetivo de este artículo es presentar los aspectos más significativos del cultivo de la piña en México, así como su importancia en el impacto socioeconómico.



### Introducción

La piña (*Ananas Comosus L.*), es una planta herbácea, perenne y adaptada a climas cálidos y húmedos. En México, se cultiva principalmente en las zonas costeras del Pacífico y del Golfo de México, donde las condiciones climáticas y los suelos son ideales para su desarrollo (Coppens-d'Eeckenbrugge *et al.*, 2011; UNCTAD, 2016; Bonet *et al.*, 2020). Los principales estados de la república mexicana productores de piña son: Veracruz, Oaxaca, Tabasco, Quintana Roo y Jalisco, representando la mayor parte de la producción nacional (Rebolledo *et al.*, 1998; Gobierno de México, 2025).

La importancia del cultivo de la piña en México comprende diversos aspectos. Esto considerando que representa una fuente esencial de empleo, generando ingresos para numerosas familias en las zonas rurales. De igual manera, la piña es un cultivo que aporta a la diversificación productiva, reduciendo la dependencia de monocultivos y promoviendo la sostenibilidad de los sistemas agrícolas (foto 1), (Bonet *et al.*, 2020). Además, la piña es un alimento nutritivo que aporta vitaminas, minerales y fibra, contribuyendo a una dieta balanceada de la población (Hidayah y Abdul, 2019).





Cosecha de piña en Tomatlán, Jalisco, México.

---

**En México, se cultiva principalmente en las zonas costeras del Pacífico y del Golfo de México, donde las condiciones climáticas y los suelos son ideales para su desarrollo**

---

Desde el punto de vista económico, la piña es un producto de gran trascendencia en el comercio internacional. México se coloca entre los diez principales países productores mundiales de esta fruta, exportando grandes volúmenes a diversas naciones. La demanda de piña mexicana ha incrementado en los últimos años debido a su calidad y sabor, lo que ha impulsado el crecimiento del sector y ha creado mayores ingresos para los productores (Bonet *et al.*, 2020).

#### **Desafíos que enfrenta el cultivo de la piña en la actualidad en México:**

El cultivo de la piña también afronta varios desafíos. Entre los principales se encuentran las plagas y enfermedades que pueden afectar los cultivos, la variabilidad climática, la falta de acceso a tecnologías y financiamiento, y la competencia de otros países productores (González, 2021). A continuación, se presentan los principales desafíos.

#### **Desafíos productivos:**

- **1.- Plagas y enfermedades:** La piña es susceptible a diversas plagas y enfermedades, como la broca, la pudrición del corazón y el virus del mosaico. Estas plagas y enfermedades pueden afectar la calidad y cantidad de la producción, generando pérdidas económicas para los productores (Malézieux *et al.*, 2003).
- **2.- Competencia de malezas:** Las malezas compiten con el cultivo de la piña por nutrientes, agua y luz, lo que reduce el rendimiento y la calidad de la fruta. Por lo cual, es indispensable implementar un adecuado control de malezas (Rebolledo *et al.*, 1998).
- **3.- Escasez de agua:** En algunas zonas productoras de piña, la escasez de agua es un problema progresivo, principalmente durante las temporadas secas. Esto restringe el desarrollo de la planta y afecta la producción (Uriza *et al.*, 2018).
- **4.- Degradación del suelo:** El cultivo intensivo de la piña puede llevar a la degradación del suelo, reduciendo su fertilidad y capacidad de retención de agua (González *et al.*, 2012).
- **5.- Variabilidad climática:** Los sucesos climáticos extremos, como sequías e inundaciones, pueden afectar la producción de piña y generar incertidumbre en los productores (Rebolledo *et al.*, 1998).

La pluralidad y  
pulcritud informativa en  
redes tiene un nombre:

**#ParabolicaTV**

 @ParabolicaEnRed

 Parabólica En Red

 @ParabolicaMX

 Parabólica En Red

 22 15 33 90 52

**parabólica**  **MX**

periodismo en red

Al alcance de un click 

[www.parabolica.mx](http://www.parabolica.mx)



**Desafíos comerciales:**

- **1.- Fluctuaciones en los precios:** Los precios de la piña en el mercado pueden ser cambiantes, afectados por factores como la oferta y la demanda, las condiciones climáticas y las políticas comerciales de esta fruta.
- **2.- Competencia internacional:** México compite con otros países productores de piña, como Costa Rica y Filipinas, lo que requiere una mayor eficiencia y calidad en la producción para mantener la competitividad en el mercado internacional (Rebolledo *et al.*, 1998).
- **3.- Exigencias de los mercados:** Los mercados internacionales demandan productos de alta calidad con estándares más exigentes en cuanto a sanidad, inocuidad y sostenibilidad.
- **4.- Logística y distribución:** La logística y la distribución de la piña son procesos difíciles y caros, especialmente para llegar a mercados retirados (foto 2), (Uriza, 2011).

---

La demanda de piña mexicana ha incrementado en los últimos años debido a su calidad y sabor

---

## 8º lugar

ocupa México a nivel mundial en la producción de Piña



Fruta de piña producida en Tomatlán, Jalisco, México.

### Desafíos socioeconómicos:

- **1.- Producción informal:** Una parte significativa de la producción de piña en México, se lleva a cabo en pequeñas parcelas y de manera informal, lo que obstaculiza el acceso a programas de apoyo y financiamiento del gobierno.
- **2.- Baja rentabilidad:** Los márgenes de ganancia para los pequeños productores de piña por lo regular son bajos, lo que limita sus posibilidades de inversión y su mejora de sus condiciones de vida (Rebolledo *et al.*, 1998).
- **3.- Impacto ambiental:** El cultivo de piña debe desarrollarse de manera sostenible. De lo contrario, puede causar efectos negativos en el medio ambiente, como la contaminación de suelos y aguas, y la pérdida de biodiversidad (González *et al.*, 2012).

### Soluciones y estrategias en la producción de piña:

Para hacer frente a estos desafíos, es necesario implementar estrategias que promuevan la investigación científica y el desarrollo tecnológico, la capacitación técnica de los productores, el acceso a mercados y la adopción de prácticas agrícolas sostenibles (González, 2021). Algunas de estas estrategias son:

- **1.- Investigación y desarrollo:** Promover la investigación científica para desarrollar nuevas variedades de piña, que sean más resistentes a plagas y enfermedades, así como técnicas de cultivo más eficientes y sostenibles (González, 2024).

- **2.- Manejo integrado de plagas:**

Implementar prácticas de manejo integrado de plagas para reducir el uso de productos agroquímicos y proteger el medio ambiente (González, 2020).

- **3.- Gestión sostenible del agua:** Adoptar tecnologías de riego eficientes y aplicar prácticas de conservación del agua (González, 2024).

- **4.- Fortalecimiento de la organización de productores:** Ayudar la formación de organizaciones de productores de piña para mejorar su capacidad de negociación y acceso a mercados (González, 2020).

- **5.- Certificación de calidad:** Promover la certificación de calidad de la producción de piña para acceder a mercados más exigentes y conseguir mejores precios (González, 2024).

- **6.- Promoción de la piña mexicana:** Hacer campañas de promoción de la piña mexicana en los mercados nacionales e internacionales (González, 2020).

### Conclusiones

El cultivo de la piña en México es una actividad de gran relevancia socioeconómica. Esta fruta tropical, además de ser un producto de exportación, contribuye a la seguridad alimentaria y genera empleo en diversas regiones del país (foto 3). Para garantizar la sostenibilidad de este cultivo, es fundamental fortalecer las cadenas de valor, promover la investigación y el desarrollo tecnológico, y apoyar a los productores con programas de capacitación técnica y financiamiento (Coppens-d'Eeckenbrugge *et al.*, 2011).



## Referencias

- Bonet, P.C., Guerrero, P.P., Rodríguez, C.D., Avilés, M.G., y Mola, F.B. (2020). Evaluación económica de la respuesta del cultivo de la piña (*Ananas comosus* L. Merr.) al riego. *Rev. Ing. Agríc.* 10(1):3-7.
- <https://www.redalyc.org/journal/5862/586262449001/html/>
- Coppens-d'Eeckenbrugge, G., Uriza, A.D.E., Rebolledo, M.A., and Martínez, R.L. (2011). The cascajal block: another testimony of the antiquity of pineapple in Mexico? *Pineapple News.* 18(1):47-48. <https://agritrop.cirad.fr/564894/>
- Gobierno de México. (2025). Se afianza México dentro de los 10 productores mundiales de piña. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/se-afianza-mexico-dentro-de-los-10-productores-mundiales-de-pina#:~:text=Los%20principales%20estados%20productores%20de,y%20Jalisco%2C%202.8%20por%20ciento.>
- González, P.S. (2024). La educación ambiental: clave para la conservación de los ecosistemas. *Revista Physios.* 21:22-24. DOI:10.60647/sgdp-e216
- González, P.S. (2020). Desarrollo de huertos en la Escuela Secundaria. *Revista Correo del Maestro.* 287:19-26.
- [https://www.researchgate.net/publication/342302771\\_Desarrollo\\_de\\_huertos\\_EN\\_LA\\_ESCUELA\\_SECUNDARIA](https://www.researchgate.net/publication/342302771_Desarrollo_de_huertos_EN_LA_ESCUELA_SECUNDARIA)
- González, P.S. (2021). Impacto de la globalización en la seguridad alimentaria. *Revista en Sentido Figurado.* 5:82-90.
- [https://www.researchgate.net/publication/354204478\\_Impacto\\_de\\_la\\_globalizacion\\_en\\_la\\_seguridad\\_alimentaria](https://www.researchgate.net/publication/354204478_Impacto_de_la_globalizacion_en_la_seguridad_alimentaria)
- González, P.S., González, S.H.M., y Rosales, R.T. (2012). Humus de lombrices (*Eisenia foetida*): Evaluación de residuos orgánicos. *Revista Universo de la Tecnológica.* 12:14-16.
- [https://www.researchgate.net/publication/326408938\\_Humus\\_de\\_lombrices\\_Eisenia\\_foetida\\_Evaluacion\\_de\\_residuos\\_organicos](https://www.researchgate.net/publication/326408938_Humus_de_lombrices_Eisenia_foetida_Evaluacion_de_residuos_organicos)
- Hidayah, N., and Abdul, F. (2019). Profitability of pineapple production (*Ananas comosus*) among Smallholders in Malaysia. *Inter. J. Rec. Technol. Eng.* 8(4):4202-4207.
- <https://www.ijrte.org/wp-content/uploads/papers/v8i4/D7780118419.pdf>
- Malézieux, E., Côte, F., and Bartholomew, D.P. (2003). Crop environment, plant growth and physiology. In: Bartholomew, D.P., Paul, R., and Rohrbach, K.G. (Eds.). *The pineapple: Botany, Production and Uses.* London, UK- CAB publishing. 69-107.
- Rebolledo, A., Uriza, D., y Rebolledo, L. (1998). Tecnología para la producción de piña en México., INIFAP-CIRGOC, Campo Experimental Papaalopán, Veracruz, México. *Folleto técnico.* 20:159.
- UNCTAD. (2016). Pineapple: an INFOCOMM Commodity Profile. *New York and Geneva.*
- [https://unctad.org/system/files/official-document/INFOCOMM\\_cp09\\_Pineapple\\_en.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/INFOCOMM_cp09_Pineapple_en.pdf)
- Uriza, Á.D.E., Torres, Á.A., Aguilar, Á.J., Santoyo, C.V.H., Zetina, L.R., y Rebolledo, M.A. (2018). La piña mexicana frente al reto de la innovación. Avances y retos en la gestión de la innovación. *Colección Trópico Húmedo.* Chapingo, Estado de México. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). 484 p.
- <https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/6728c88a-69a6-4835-974f-0aa3d9973566>
- Uriza, D.E. (2011). Paquete tecnológico piña MD2 (*Ananas comosus* var. *comosus*): Establecimiento y mantenimiento. *Centro de Investigación Regional Golfo Centro-Campo Experimental Cotaxtla/Papaloapan.* 16 p.
- <https://www.yumpu.com/es/document/view/6338125/paquete-tecnologico-pina-md2-ananas-comosus-var-comosus->



EN EL **CANAL 3.1**  
DE SU T.V.



**IMAGEN**  
TELEVISIÓN  
PUEBLA



**LUN-VIE**

05:47 - 08:00 hrs

**LUN-VIE**

14:30 -15:00 hrs





> MARTHA  
PATRICIA  
ISLAS ISLAS



DOI:  
10.60647/ehs6-jy85

# Lo dulce del olvido...

**POR:** MARTHA PATRICIA ISLAS ISLAS

**HIPERGLUCEMIA, MEMORIA, NEURONAS, DIABETES.**

## **Resumen:**

**L**a diabetes tipo 2 es una enfermedad con consecuencias desastrosas en el cuerpo humano, ha sido declarada desde hace varios años como una emergencia epidemiológica, los casos van en aumento cada año y las personas en edad económicamente productiva ya comienza a presentar por lo menos, resistencia a la insulina. Los hábitos de vida han cambiado mucho gracias a la necesidad cada vez mayor de "adquirir cosas", todas ellas ciertamente sin ningún valor, lo que crea una especial combinación de varios factores como: alimentos "chatarra" en horarios desfasados, el tiempo que se invierte en hacer nada y la decisión de inclinarse más por los satisfactores de sabor dulce que de alguna manera nos hacen sentir bien. Y así, vamos felizmente ignorando lo que en realidad ocurre; cambios en el metabolismo, ganancia de peso, acumulación de grasa y, por si fuera poco, cambios en nuestras capacidades cognitivas, entre ellas, la pérdida de una de las funciones más importantes: la memoria.

¡Nunca ha sido un problema la calidad, sino la cantidad! A todos nos gusta comer bien, pero ¿qué estamos comiendo? Entre comidas rápidas, antojos y la bendición de lo dulce, vamos ganando más que satisfacción, kilos y problemas de salud. No es sencillo para nuestros órganos procesar, equilibrar y repartir nutrientes, por lo que ojo con esto, estamos dejándonos a la suerte de la inactividad y las decisiones no siempre acertadas de nuestro sistema de almacenaje. La obesidad es el resultado de este errado procesamiento y la acumulación de grasa puede derivar, en muchos de los casos, en una inflamación sostenida, constante (Oguntibeju, 2019, Leon-Pedroza et al., 2015). La liberación de productos propios de este proceso inflamatorio hace posible que se inicien eventos que conducen a la muerte de nuestras células. Cuando la ganancia de peso viene acompañada de glucosa alta en la sangre, se congregan las condiciones necesarias para un desastre metabólico.

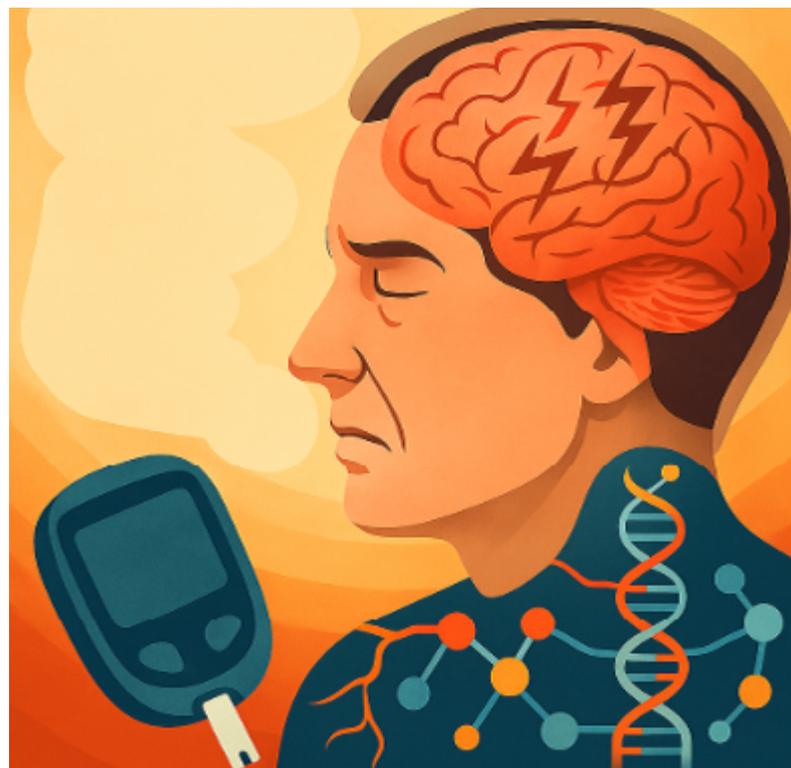
Las consecuencias de nuestras decisiones alimentarias y la elección del sedentarismo vienen silenciosas al principio, cautelosas, pero eso sí, muy certeras en el grado de daño que provocan (Fuentes et al., 2023). Las primeras señales son super conocidas: sed, mucha sed, ¡insaciable sed!, ansiedad por comer, ¡las vueltas al baño te vuelven loco!, la capacidad visual disminuye, lo que comúnmente se puede asociar de forma errónea con la necesidad de anteojos, y finalmente, esa inseguridad particular que te genera el pensamiento constante de que algo no está bien. Tras una serie de estudios especializados, el diagnóstico es: diabetes tipo 2, enfermedad cada vez más común en la población y catalogada como la segunda causa de muerte en México (INEGI 2018).

Actualmente, el ritmo de vida nos ha llevado a modificar nuestra dieta y suprimir nuestras actividades recreativas, haciendo que esta enfermedad comience a expandirse hacia personas cada vez más jóvenes, en las que el problema principal es la falta de atención por no tener un diagnóstico oportuno (Arjona-Villicaña, 2014).

Aunque es una enfermedad tratable, pero sobre todo prevenible, puede traer severas consecuencias cuando simplemente no nos preocupamos por ella. Pero, ¿Cómo es que

comenzamos a olvidar? Numerosas investigaciones al respecto han dado pistas sobre el efecto de los niveles altos de glucosa y la pérdida de memoria. Resulta que, el exceso de este carbohidrato desequilibra sus propios procesos químicos, priorizando aquellos que generan mayor cantidad de los ya bien conocidos: "radicales libres de oxígeno", y no, consumir uvas no ayuda, no en etapas avanzadas de la enfermedad. Bajo la acumulación de estos radicales, una gran cantidad de eventos moleculares que aún no están bien entendidos (Ozougwu, 2016) pueden estar colisionando o interrumpiéndose unos a otros. Además, la unión específica de estos radicales a proteínas y lípidos puede dañar la integridad celular.

Todos nuestros sistemas y órganos se ven afectados en esta condición, pero el cerebro, en su exquisita complejidad resulta ser muy delicado a cualquier cambio bioquímico y, entre su necesidad de oxígeno y escasa respuesta antioxidante, comienza a ceder poco a poco a la pérdida de sus principales componentes: las neuronas (Milstein y Ferris, 2021).

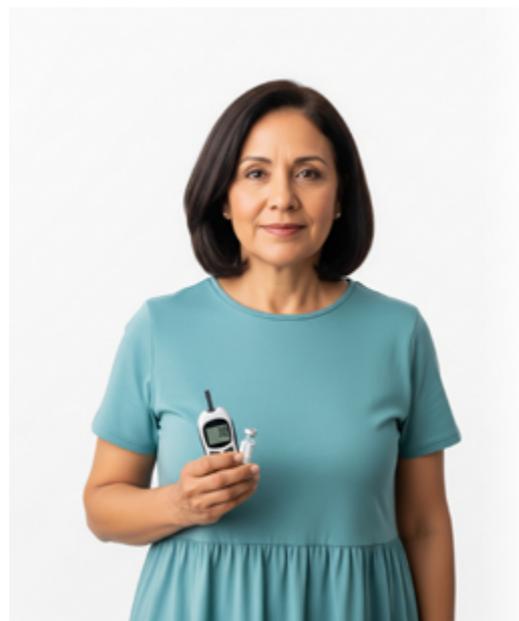


Dicha pérdida, fomentada por el rompimiento de sus recubrimientos membranosos tiene especial impacto en zonas establecidas como las fábricas de los recuerdos; el hipocampo y la amígdala, estructuras que tienen roles bien definidos y también complementarios entre sí (Yang y Wang, 2017). La información que procesan ambas estructuras va desde el reconocimiento de lugares para nuestra orientación, hasta las emociones que nos dicta cada experiencia. Interconectadas entre sí y además con otros centros especializados como el tálamo, que procesa cualquier sensación, la corteza cerebral, que nos hace capaces de tomar decisiones, y el hipotálamo, que regula nuestras emociones, se hace posible el aprendizaje y la memoria.

De acuerdo con estudios recientes con modelos animales que presentan altos niveles de glucosa en sangre (también conocida como hiperglucemia), las neuronas del hipocampo han demostrado cambios estructurales importantes, relacionados principalmente con una reducción en su capacidad de conectarse con otras neuronas, lo que afecta de forma directa a la generación de los recuerdos (Manuel-Sánchez *et al.*, 2022).

Dichas modificaciones los hacen diferir de los animales sanos, tanto en conducta como en la propia estructura de estudio, particularmente la memoria de reconocimiento y la memoria espacial se ven severamente afectadas, y el número de neuronas se muestra significativamente reducido. Más específicamente, el recordar eventos, lugares, personas, y sobre todo para aprender cosas nuevas, se requiere de conexiones internas en la estructura hipocampal (Knierim, 2015), las cuales deben ser repetitivas, lo que promueve una consolidación de lo que habremos de recordar.

Esta nueva información se hará entonces extensiva hacia la corteza cerebral y la amígdala, unificando la información relevante y creando lo que conocemos como memoria de largo plazo. Todos esos recuerdos de nuestra infancia, se generan de ésta manera. Pero, volviendo a los radicales libres de oxígeno generados por exceso de glucosa en la sangre, se ha reportado en estudios recientes, que su papel es impedir las mencionadas conexiones internas del hipocampo, ya que



interrumpen el funcionamiento adecuado de proteínas especiales relacionadas con este proceso (Pandey *et al.*, 2015), lo que hace imposible la consolidación de información nueva y de forma inevitable, la pérdida de conexiones establecidas, provocando que comencemos a olvidar... proceso que técnicamente se conoce como "depresión de largo plazo", de esta manera, algunas conexiones bien consolidadas y fuertes de hace mucho tiempo, simplemente se desvanecen y desaparecen.

Diversos estudios sobre estrés oxidativo, es decir, la generación de radicales libres de oxígeno, en este caso, en animales con altos niveles de glucosa, han reportado altas concentraciones de estos en sus cerebros (Kollarova *et al.*, 2022, Raza *et al.*, 2015), lo que ha dado lugar a investigaciones más específicas sobre el daño que este genera en estructuras cerebrales de interés. El aporte de este tipo de información puede ser muy valioso para acercarnos más a un claro entendimiento acerca de lo que provoca daño al cerebro de pacientes diabéticos y sus consecuentes alteraciones cognitivas. No es que olvidar nos represente algo de dulzura en nuestra vida, sino que el exceso del consumo de cosas dulces puede hacernos olvidar muchas veces lo más importante de ella, en realidad somos nuestra propia historia, y nadie mejor para contarla que nosotros mismos...



# EL UNIVERSAL

# PUEBLA



## SITIO LÍDER DE NOTICIAS EN PUEBLA



El Universal Puebla



@UniversalPuebla



ElUniversalPuebla4781

[www.eluniversalpuebla.com.mx](http://www.eluniversalpuebla.com.mx)

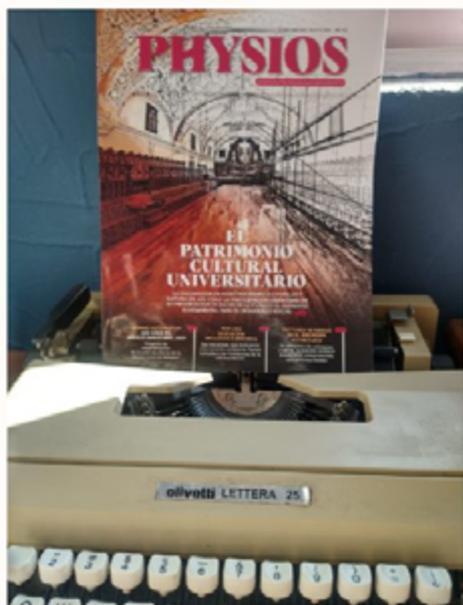


¡AHORA VAS TÚ!

# ¿DÓNDE LEES TU PHYSIOS?



**GRETA**



¡Fan de mi #Physios!



**DANIEL**



**RÚBEN**



fé y #Physios

# CONCAFE 2025

Convención Nacional de Café Puebla

Impulsamos  
la economía de productores  
**POBLANOS Y NACIONALES**  
Fortalecimiento del sector cafetalero

**\$2.5 millones**  
de pesos en

**DERRAMA ECONÓMICA**



Y más de

**30 MIL**  
visitantes



**PUEBLA**  
Gobierno del Estado  
2024-2030

**POR AMOR A  
PUEBLA**

**Pensar  
en Grande**