



**UASLP**

Universidad Autónoma  
de San Luis Potosí

AÑO 22  
NÚMERO 285  
ISSN-1870-1698

# UNIVERSITARIOS POTOSINOS

Revista de  
Divulgación  
Científica



**El pez diablo,  
una especie  
exótica invasora  
presente en la  
Huasteca Potosina**



9 77 1870 169005  
Diseño de portada:  
Catalina Esqueda

LATINDEX: 24292

Protagonista del  
COMERCIO Y  
NEGOCIOS  
INTERNACIONALES  
**ALEJANDRA  
VERA  
GONZÁLEZ**

**Explorando el  
paisaje molecular  
del cáncer:  
Mapas de calor  
oncogenómicos  
como herramienta  
de investigación**

**Sonrisas en peligro:**  
Salud periodontal  
y cardiometabólica



## Editorial

A nuestros lectores y lectoras, Universitarios Potosinos tiene para este inicio de 2026 una selección de temas que esperamos sea del interés de todos ustedes.

En esta edición, el doctor Nahum Andrés Medellín nos trae su trabajo sobre el pez diablo, especie invasora que se encuentra presente en la Huasteca Potosina, y que si bien han sido un dolor de cabeza para las familias que dependen de la pesca, esta especie también pueden ser utilizada para la remediación ambiental, energética, así como en áreas de salud y agrícolas.

Por otra parte, desde nuestro campus región Altiplano, la doctora Macrina Silva nos detalla la importancia de los mapas de calor como una herramienta para el estudio del cáncer, así como de otros procesos biológicos. Y en temas futbolísticos, el doctor Amaury Pozos nos regala una analogía del futbol con el conocimiento.

En este número y desde la Facultad de Economía, tenemos como protagonista a la doctora Alejandra Vera que nos adentrará en el proceso de su llegada a esta universidad, hasta ser parte importante de la creación de la licenciatura de Comercio y Negocios Internacionales. Esperamos contar con su amable preferencia a temas de investigación universitarios durante este año que recién inicia con la edición 285. Gracias!

---

Revista de divulgación científica. *Universitarios Potosinos* es una publicación mensual fundada en 1993, editada por la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, a través de la Dirección de Comunicación e Imagen, su objetivo es divulgar y difundir el conocimiento generado por la investigación científica y tecnológica de la UASLP y de otras instituciones nacionales y extranjeras, e informar sobre los avances y descubrimientos en las diversas áreas del conocimiento.

Reservas de Derechos al Uso Exclusivo núm. 04-2022-120714274300-102, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, licitud de Título núm. 8702 y licitud de contenido núm. 6141, otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación.

Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, Latindex, folio: 2429. 

# CONTENIDO

## Artículos

- 3 **El pez diablo, una especie exótica invasora presente en la Huasteca Potosina**  
NAHUM ANDRÉS MEDELLÍN CASTILLO
- 12 **Explorando el paisaje molecular del cáncer: Mapas de calor oncogenómicos como herramienta de investigación**  
MACRINA BEATRIZ SILVA CÁZARES
- 16 **Sonrisas en peligro: Salud periodontal y cardiometabólica**  
JOSÉ CARLOS LÓPEZ RAMÍREZ
- 21 **Futbol y conocimiento. Cuando la ciencia también entra a la cancha**  
AMAURY DE JESÚS POZOS GUILLÉN
- 25 **"Redes neuronales recurrentes: El cerebro artificial que aprende del pasado"**  
DANIEL ALEJANDRO MAGALLÓN GARCÍA

## Secciones

- 30 **DIVULGANDO** MIRADOR DE LA CIENCIA  
DANIEL ULISES CAMPOS DELGADO
- 33 **PROTAGONISTA** DEL COMERCIO Y NEGOCIOS INTERNACIONALES  
ALEJANDRA VERA GONZÁLEZ
- 35 **UN SHOT DE CIENCIA**  
PAMELA ALFARO Y FÁTIMA MARTÍNEZ GONZÁLEZ
- 37 **CIENCIA RANDOM**  
¿POR QUÉ LAS HOJAS CAMBIAN DE COLOR?
- 38 **CIENTÍFICO DEL MES**  
JOSÉ ANTONIO STEPHAN DE LA PEÑA
- 39 **OCIO CON ESTILO** LITERATURA  
¿POR QUÉ SEGUIMOS LEYENDO NARNIA?





Recibido: 18.02.2025 • Aceptado: 19.01.2026

Palabras clave: Especie exótica invasora, pez diablo, cuerpos de agua, Huasteca Potosina, monitoreo

# El pez diablo, una especie exótica invasora presente en la Huasteca Potosina

NAHUM ANDRÉS MEDELLÍN CASTILLO

*nahum.medellin@uaslp.mx*

FACULTAD DE INGENIERÍA, UASLP

ALFREDO ISRAEL FLORES ROJAS

*alfredo.rojas@uaslp.mx*

FACULTAD DE INGENIERÍA, UASLP

HILDA GUADALUPE CISNEROS ONTIVEROS

*hilda.cisneros@uaslp.mx*

PROGRAMA MULTIDISCIPLINARIO DE POSGRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES, UASLP

El pez diablo, conocido popularmente como "limpia peceras", es una especie acuática invasora que se ha convertido en una problemática ambiental en México y en regiones como la Huasteca Potosina. La presencia de este pez ha causado graves impactos negativos en los cuerpos de agua de la región, además de problemas económicos para las familias que dependen de la pesca comercial en los ríos principales de la Huasteca Potosina. Actualmente, se han propuesto diversas alternativas para aprovechar estos peces en áreas como la remediación ambiental, energética, salud y agrícola. Además, el uso de herramientas de monitoreo es útil para comprender, predecir y gestionar la invasión de especies acuáticas invasoras como el pez diablo. Estas alternativas buscan mitigar el impacto ambiental de esta especie invasora y también ofrecer beneficios económicos y sostenibles a las comunidades afectadas.

Las actividades humanas han generado diversos impactos en el planeta, provocando cambios en los ecosistemas. Algunos de estos cambios se deben a la presencia de agentes contaminantes, la sobreexplotación de los recursos naturales y la introducción de especies externas que desplazan a las nativas, causando un desequilibrio. Estas especies, al encontrar condiciones favorables para su proliferación, como clima adecuado, alimento abundante, alta tasa de reproducción y la ausencia de depredadores naturales, se consideran especies exóticas invasoras (EEI).

La alteración del equilibrio ecosistémico ocasionada por las EEI también tiene repercusiones graves en las actividades socioeconómicas, la salud e incluso en el estilo de vida de las poblaciones que dependen de los recursos de los ecosistemas invadidos.

La introducción de estas especies puede ocurrir de manera intencional o accidental, principalmente debido a actividades humanas. A nivel mundial, se han documentado diversos casos de especies exóticas invasoras, como el lirio acuático, el pez león, el mejillón cebra, el perico monje argentino y la rata negra, entre otros. En México, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) ha identificado 348 EEI reportadas en la Lista de Especies Exóticas para México, dentro de las cuales se encuentra el pez diablo.

Los ecosistemas de agua dulce actualmente se encuentran limitados y sobreexplotados, y son unos de los más

afectados por la presencia de EEI en todo el mundo. En este contexto, es necesario utilizar herramientas adecuadas para determinar el riesgo de invasión y potencial distribución de estas especies, así como proponer alternativas de aprovechamiento sostenible para controlar su proliferación.

#### **Pez diablo (*Loricariidae*)**

El pez diablo, mejor conocido como "limpia peceras" en los acuarios, es originario de la cuenca del Amazonas, en América del Sur. Se caracteriza por tener un cuerpo aplanado en la parte ventral, un dorso arqueado cubierto por placas óseas y una pigmentación con manchas similares a las de un leopardo. Posee una boca que succiona y puede medir entre 14 y 50 centímetros.

Estos peces pueden tolerar condiciones ambientales extremas, ya que sobreviven en aguas de baja calidad y con bajo nivel de oxígeno. Incluso, puede sobrevivir fuera del agua más de 20 horas respirando oxígeno atmosférico. Su dieta se compone principalmente de sedimento del fondo de los cuerpos de agua, aunque también puede consumir larvas de insectos y huevos de otros peces. El pez diablo tiene una conducta territorial, vive en grupos numerosos y es altamente competitivo para obtener alimento.

#### **Presencia en México**

No se sabe con certeza cómo llegó el pez diablo a los cuerpos de agua en México; su introducción pudo

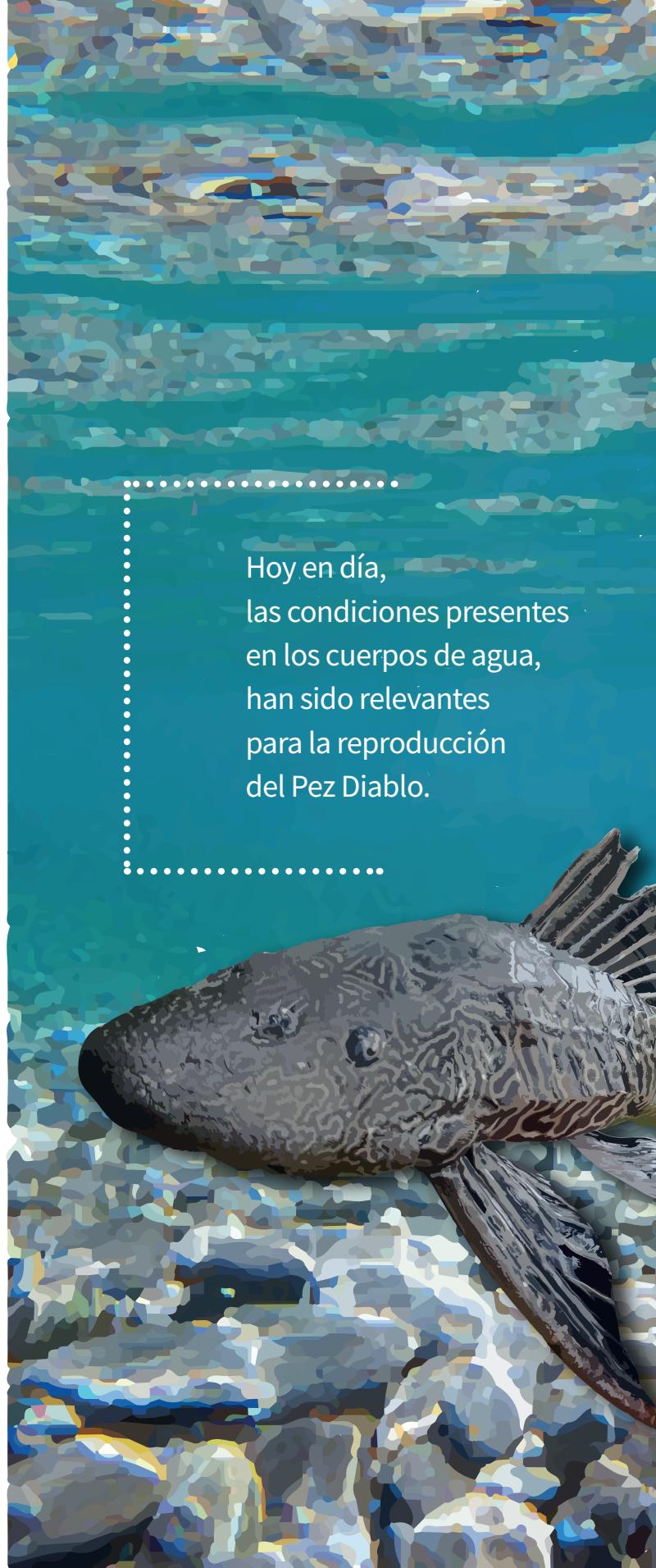


Imagen 1.  
Pez diablo capturado en el río Moctezuma, Tampamolón Corona, San Luis Potosí

haber sido por descuido o liberado de manera intencional. El primer reporte de avistamiento en México fue en 1995 en el río Mezcalá, en la cuenca del río Balsas (Guzmán y Barragán, 1997). La falta de depredadores naturales para esta especie en dicha cuenca favoreció al incremento de su población, lo que provocó el desplazamiento de especies nativas con valor comercial (Mendoza-Alfaro *et al.*, 2009).

Posteriormente, en 1998, se registró su presencia en la presa del Infiernillo, ubicada en el estado de Michoacán. De este sitio surge el nombre de “pez diablo”, en alusión al nombre de esta presa. Asimismo, se registró su aparición en el río Usumacinta, que recorre los estados de Chiapas y Tabasco, donde ha causado graves consecuencias en la producción pesquera (Mendoza-Alfaro *et al.*, 2007). Hoy en día, las condiciones presentes en los cuerpos de agua han favorecido su reproducción en varios estados del país.

Hoy en día,  
las condiciones presentes  
en los cuerpos de agua,  
han sido relevantes  
para la reproducción  
del Pez Diablo.



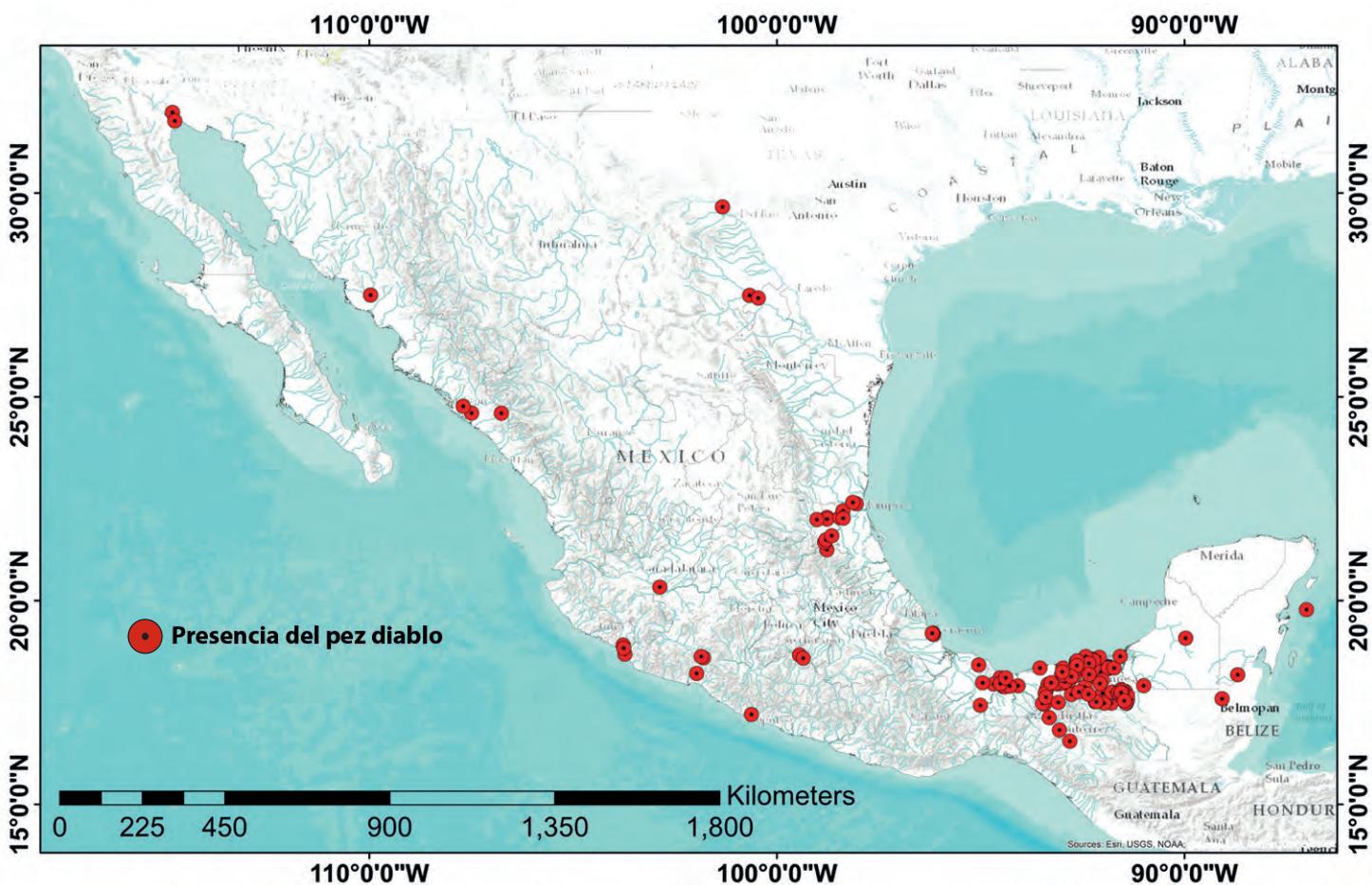


Imagen 2.  
Presencia del pez diablo en México. Problemática en la Huasteca potosina



Imagen 3.  
Ubicación de avistamientos de Pez Diablo en la Huasteca Potosina

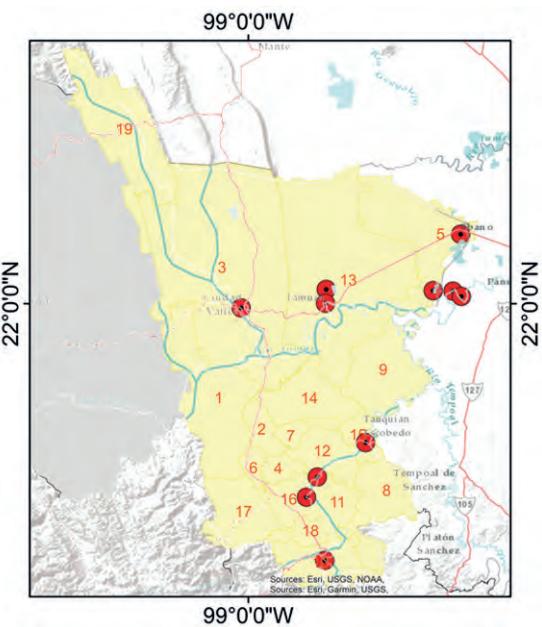




Imagen 4.

"Gran Torneo de Pesca Intensiva del Pez Diablo", Ejido Chiquinteco, Tampamolón Corona, San Luis Potosí

### Problemática en la Huasteca potosina

La Huasteca Potosina no ha sido una excepción a la invasión del pez diablo en México. Algunos medios de comunicación en esta región han informado sobre la presencia y la problemática asociada a su proliferación. A partir de 2016, se reportó su presencia en la laguna Marland del municipio de Ébano. Posteriormente, algunos pescadores identificaron ejemplares en lagunas y en el río Coy, en Ciudad Valles, e informaron que, desde su aparición, se ha causado una disminución en la población de la fauna nativa.

En 2017, se reportó la depredación y casi extinción del langostino en la región, afectando gravemente su explotación y comercialización. En 2019, se documentó la captura de ejemplares de pez diablo en los ríos Amajac y Moctezuma, en Tamazunchale, lo que alertó a los pescadores sobre su presencia. Ese mismo año, se informó que se había establecido en el río Tampaón, ocasionando innumerables impactos negativos, como el desplazamiento

de las poblaciones de bagre, carpa, tilapia, mojarra y otras especies como lobina y plateado, al observarse que el pez diablo consumía los huevecillos de estas especies.

Cabe mencionar que estos peces afectados son parte del equilibrio del ecosistema del río y sirven como fuente de alimento para las personas locales. En enero de 2020, se reportó que los pescadores de Tonatico, en Tampamolón Corona, sufrieron afectaciones por la presencia del pez diablo, perjudicando a aproximadamente 150 familias pesqueras de la comunidad que dependían de la venta y consumo de pescado en la región.

En 2019, investigadores de la Facultad de ingeniería de las Universidad Autónoma de San Luis Potosí, liderados por el Dr. Nahum A. Medellín Castillo, realizaron un estudio para registrar la presencia del pez diablo en la Huasteca Potosina y evaluar el grado de afectación de esta especie sobre la región.

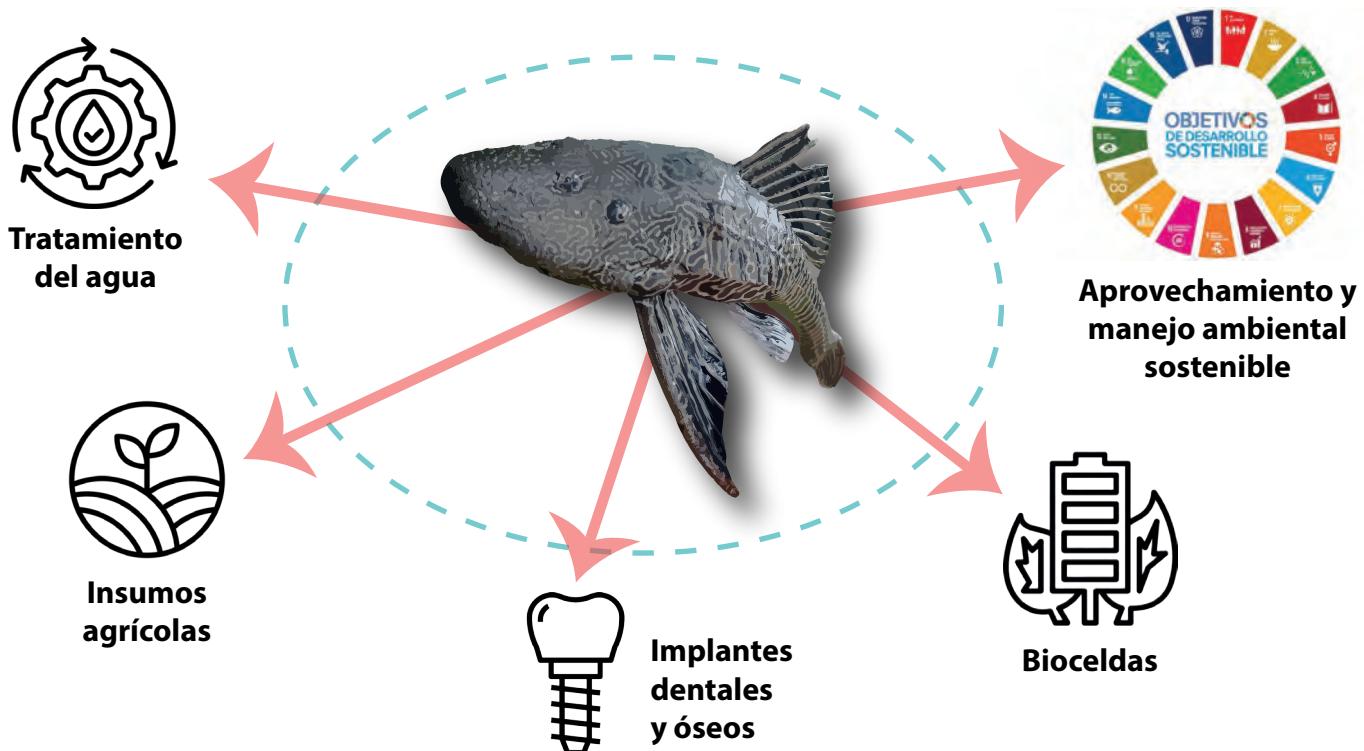


Imagen 5.  
Alternativas de aprovechamiento del pez diablo

En mayo de 2024, como un esfuerzo para controlar la invasión del pez diablo en el río Moctezuma, en el municipio de Tampamolón Corona, las autoridades del Ejido Chiquinlecko y los encargados del paraje “Los Sabinos” organizaron el “Gran Torneo de Pesca Intensiva del Pez Diablo”. En este evento, fueron invitados a participar pescadores de la región y al público en general en la captura del mayor número de peces y del ejemplar más grande.

En este evento se impartió un taller a los participantes sobre las alternativas de aprovechamiento para esta EEl. Este taller forma parte del proyecto “Aprovechamiento de biommasas de especies invasoras presentes en el estado de San Luis Potosí para su empleo como materiales en la remoción de contaminantes presentes en el agua y en la elaboración de insumos agrícolas”, financiado por el Fideicomiso 23871, administrado por el Consejo Potosino de Ciencia y Tecnología, en el marco de la Convocatoria 2023-01. Entre las alternativas propuestas para las comunidades locales se mencionó la preparación de carbonizados de hueso en hornos rurales para el tratamiento de agua y aplicaciones agrícolas.

### Alternativas de aprovechamiento para el pez diablo

El pez diablo es una EEl que no es aprovechada debido al desconocimiento y la incertidumbre que causa entre los habitantes cercanos a las zonas que invade. Este pez no se consume como alimento ya que la mayor parte de su cuerpo está constituido por hueso y escamas duras (60-65 %). Además, se alimenta de sedimentos del fondo de los cuerpos de agua, los cuales pueden estar contaminados de sustancias como metales pesados o compuestos orgánicos que, al ser ingeridos por los peces, pueden acumularse en su organismo. Ante esta situación, algunos pescadores optan por dejarlos en la orilla de los cuerpos de agua, lo que puede provocar problemas de salud debido a su descomposición al aire libre.

Como parte de una alternativa de manejo ambiental sostenible, se ha estudiado y propuesto el aprovechamiento del pez diablo en la elaboración de materiales empleados en diversas áreas. Entre estas aplicaciones se encuentran la remediación ambiental, específicamente en el tratamiento de agua mediante el uso de floculantes y materiales

# Pez Diablo, invasor de la Huasteca Potosina



La presencia del **pez diablo** en la Huasteca Potosina se ha convertido en una amenaza para la región en los últimos años.



Las condiciones climáticas y ambientales de la Huasteca, similares a las de su hábitat natural, han facilitado su reproducción y presencia en ríos y lagunas de la región.



Las acciones conjuntas pueden ayudar a disminuir los significativos impactos que el **pez diablo** ha causado en esta región.



El aprovechamiento del pez diablo en diversas áreas del conocimiento representa soluciones amigables y sostenibles promoviendo el bienestar de las comunidades y la conservación de los ecosistemas.



La modelación de la distribución y el análisis de riesgo han sido fundamentales para priorizar acciones que mitiguen los impactos y aprovechamiento de esta especie.

carbonizados que pueden ser utilizados para remover fluoruro, metales pesados y compuestos orgánicos. En el área de la salud, se ha explorado su uso como fuente de hidroxiapatita, un material empleado en la fabricación de implantes dentales y óseos. Asimismo, en el área agroalimentaria, se ha propuesto su utilización en la preparación de insumos agrícolas y, por último, en el área energética, en el diseño de bioceldas.

Estas alternativas de aprovechamiento también son acordes con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en particular el Objetivo 6 (Agua limpia y saneamiento), el Objetivo 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), el Objetivo 12 (Producción y consumo responsables) y el objetivo 15 (Vida de ecosistemas terrestres).

### **Uso de herramientas para el monitoreo del pez diablo**

Las herramientas de monitoreo pueden emplearse como complementos para comprender, predecir y gestionar

la invasión de especies acuáticas invasoras, como el pez diablo, ya que proporcionan datos importantes para la conservación de los ecosistemas acuáticos y la mitigación de los impactos negativos asociados. Algunas herramientas utilizadas para el monitoreo del pez diablo son MaxEnt (Maximum Entropy) y AS-ISK 2.4.1 (*Aquatic Species Invasiveness Screening Kit*).

MaxEnt utiliza datos de presencia de la especie en cuestión y variables ambientales para predecir las áreas potenciales donde esta puede establecerse y proliferar (Bald et al., 2023). Esta herramienta permite identificar hábitats adecuados, entender sus posibles rutas de dispersión y expansión, así como identificar las variables ambientales más importantes que influyen en la presencia de una especie, tales como el clima, la hidrografía del lugar, la temperatura, la salinidad y otros parámetros fisicoquímicos del agua.

Por su parte, AS-ISK 2.4.1 está diseñado para evaluar el riesgo de invasión de diversas especies acuáticas mediante un

### **Detalles del taxón y del evaluador**

Categoría	Peces y lampreas (dulceacuícolas)
Nombre del taxón	<i>Loricariidae</i>
Nombre común	Pez diablo o pez pleco
Evaluador	HGCO

### **Contexto de la evaluación de riesgo**

Motivo y beneficios socioeconómicos	Especie invasora exótica en territorio mexicano
Área de análisis de riesgo	Zona huasteca, San Luis Potosí
Taxonomía	Kingdom Animalia, Phylum Chordata, Clase Osterchthyes, Orden Siluiformes, Familia Loricariidae, Sudamérica, cuenca de las amazonas.
Área de distribución	Estados Unidos, México, Centroamérica, Zonas cálidas del hemisferio occidental, India
Área de distribución no nativa	
URL	<a href="https://www.gbif.org/occurrence/map?g=Loricariidae">https://www.gbif.org/occurrence/map?g=Loricariidae</a>

### **Estadísticas**

Estatus	Invasivo/vulnerable
Calificación	
BRA	54.0
Resultados BRA	Riesgo alto
BRA+CCA	66.0
Resultados BRA+CCA	Riesgo alto
Componentes de la calificación	
A. Biogeográficos/Histórico	24.0
B. Biología/Ecología	30.0
C. Cambio climático	12.0

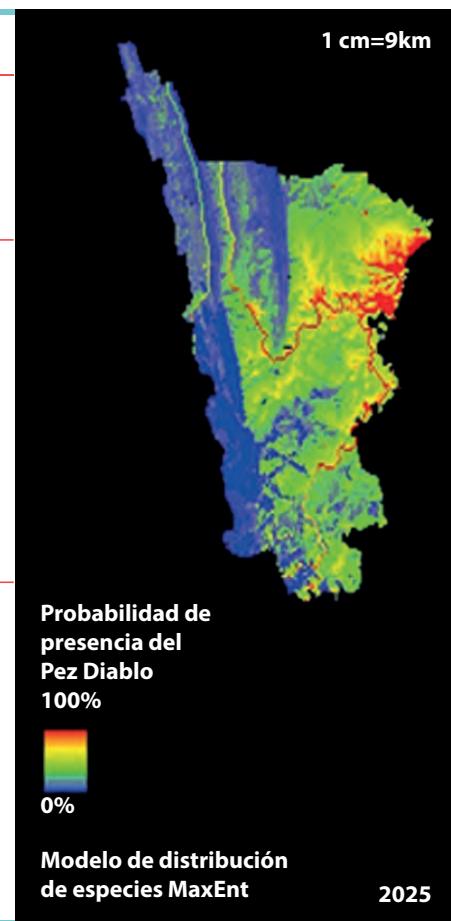


Imagen 6.

Análisis de riesgo de invasión del pez diablo en la Huasteca Potosina



Nahum Andrés Medellín Castillo. Doctor en Ciencias de la Ingeniería Química por la Facultad de Ciencias Químicas, UASLP. Actualmente se desempeña como Profesor-Investigador tiempo completo en el Centro de Investigación y Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería UASLP. Trabaja en diferentes proyectos, tales como: Aprovechamiento de especies invasoras para su empleo en el tratamiento de agua y elaboración de insumos agrícolas. Desarrollo de materiales adsorbentes para su empleo en aplicaciones ambientales. Desarrollo de tecnologías sostenibles para el tratamiento de agua, y Remoción y degradación de contaminantes emergentes y persistentes del agua.

cuestionario que considera aspectos biológicos, ecológicos, de impacto potencial y cambio climático. A partir de este análisis, asigna una puntuación que clasifica a las especies en cuestión en diferentes categorías de riesgo (alto, medio o bajo), lo que facilita la priorización de acciones preventivas y de control (Vilizzi *et al.*, 2022). La información detallada y cuantificada que proporciona esta herramienta resulta útil para la gestión de recursos naturales y la formulación de políticas para desarrollar estrategias de manejo y prevención de invasiones biológicas.

El riesgo de invasión del pez diablo en la Huasteca Potosina fue evaluado mediante AS-ISK 2.4.1, obteniendo un puntaje de 66 y un factor de certeza de 0.76, lo que indica un riesgo alto. Este resultado evidencia la gran adaptabilidad y el potencial invasivo de esta EEI. De manera complementaria, los modelos de predicción generados con MaxEnt señalan que las condiciones ambientales de la Huasteca Potosina son favorables para su distribución. Entre los factores más determinantes en la predicción de su presencia destacan la elevación y la temperatura mínima del mes más frío. Su capacidad de adaptación, resistencia a la contaminación y ausencia de depredadores naturales posicionan al pez diablo como una amenaza para los ecosistemas acuáticos locales, lo que resalta la urgencia de implementar estrategias de control y manejo en la Huasteca Potosina.

### Conclusiones

La presencia del pez diablo en la Huasteca Potosina se ha convertido en una amenaza para la región en los últimos años. Las condiciones climáticas y ambientales de la Huasteca, similares a las de su hábitat natural, han facilitado su reproducción y presencia en ríos y lagunas de la región. No obstante, las acciones tomadas por los habitantes de las zonas afectadas y los científicos de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí pueden ayudar a mitigar los significativos impactos que el pez

diablo ha causado en los ecosistemas acuáticos de la Huasteca Potosina.

El aprovechamiento del pez diablo en diversas áreas del conocimiento representa soluciones amigables y sostenibles para las regiones afectadas, promoviendo el bienestar de las comunidades y la conservación de los ecosistemas. Asimismo, la modelación de la distribución y el análisis de riesgo han sido fundamentales para priorizar acciones que mitiguen los impactos y aprovechen esta especie invasora de manera sostenible.

### Referencias bibliográficas:

- Bald, L., Gottwald, J., & Zeuss, D. (2023). spatialMaxent: Adapting species distribution modeling to spatial data. *Ecology and Evolution*, 13(10), e10635.
- Guzmán, A. F., y Barragán, J. (1997). Presencia de bagre sudamericano (*Osteichthyes: Loricariidae*) en el río Mezcalá, Guerrero, México.
- Mendoza, R., Contreras, S., Ramírez, C., Koleff, P., Álvarez, P., y Aguilar, V. (2007). Los peces diablo. *Biodiversitas*, 70, 1–5.
- Mendoza, A. R., Cudmore, B., Orr, R., Fisher, J. P., Balderas, S. C., Courtenay, W. R., y Damian, M. A. (2009). Directrices trinacionales para la evaluación de riesgos de las especies acuáticas exóticas invasoras: Casos de prueba para el pez cabeza de serpiente (*Channidae*) y el pleco (*Loricariidae*) en aguas continentales de América del Norte. Montreal, Canada.
- Vilizzi, L., Hill, J. E., Piria, M., & Copp, G. H. (2022). A protocol for screening potentially invasive non-native species using Weed Risk Assessment-type decision-support tools. *Science of the Total Environment*, 832, 154966.



Recibido: 18.12.2023 • Aceptado: 22.01.2026

Palabras clave: Cáncer, mapas de calor, investigación

# Explorando el paisaje molecular del cáncer: Mapas de calor onco genómicos como herramienta de investigación

MACRINA BEATRIZ SILVA CÁZARES

[macrina.silva@uaslp.mx](mailto:macrina.silva@uaslp.mx)

ÁREA BIOMÉDICA, UNIDAD ACADÉMICA MULTIDISCIPLINARIA REGIÓN ALTIPLANO, UASLP  
ALMA DELIA CAMPOS PARRA

[almcampos@uv.mx](mailto:almcampos@uv.mx)

INSTITUTO DE SALUD PÚBLICA, UNIVERSIDAD VERACRUZANA

MARÍA EUGENIA SÁNCHEZ BRIONES

[eugeniasanchez@uaslp.mx](mailto:eugeniasanchez@uaslp.mx)

ÁREA BIOMÉDICA, FACULTAD DE ESTUDIOS PROFESIONALES ZONA HUASTECANA, UASLP

El artículo explica cómo los mapas de calor se han convertido en una herramienta esencial para estudiar el cáncer y otros procesos biológicos. A través del uso de colores, estos mapas permiten interpretar grandes cantidades de información genética de manera sencilla, ayudando a identificar patrones, diferencias entre tipos de cáncer y posibles señales para el diagnóstico y tratamiento. Su aplicación ha impulsado avances importantes en la investigación biomédica y en el desarrollo de tratamientos más personalizados.

La bioinformática es una disciplina que combina la biología con la informática para analizar y comprender datos biológicos a gran escala. En este contexto, los mapas de calor se han convertido en una herramienta invaluable para visualizar y analizar datos biomoleculares de manera efectiva. Estos mapas representan la distribución y la intensidad de ciertos datos en una matriz bidimensional, utilizando escalas de color para destacar patrones y tendencias.

En este artículo se explora cómo los mapas de calor se han convertido en una poderosa herramienta en la bioinformática, al permitir a los investigadores comprender mejor la estructura y la función de biomoléculas, la expresión génica, la variabilidad genética y otros aspectos cruciales en la biología y la genómica. Asimismo, se presentan ejemplos de cómo los mapas de calor se aplican en la investigación biomédica y cómo han revolucionado nuestra capacidad para abordar preguntas biológicas complejas y responder a desafíos en campos como la medicina, la biología molecular y la genómica (Villarino, 2018).

En la actualidad, la bioinformática se ha convertido en una disciplina crítica en la era de la genómica y la biología de sistemas, donde la generación de datos biológicos masivos se ha vuelto común gracias a los avances en tecnologías de secuenciación y otras técnicas experimentales. Si bien estos datos contienen una enorme riqueza de información, su interpretación y análisis pueden ser abrumadores sin las herramientas adecuadas. Aquí es donde los mapas de calor entran en juego. (Monroy, 2021).

### **¿Qué es un mapa de calor?**

Un mapa de calor es una representación gráfica de datos en una matriz bidimensional en la que los valores se codifican mediante una escala de colores. Los valores

numéricos se asocian a colores predefinidos, lo que permite una visualización rápida y efectiva de la información contenida en la matriz. Esta herramienta se utiliza para representar datos de diversas fuentes biológicas, como expresión génica, actividad enzimática, interacciones proteína-proteína, variabilidad genética, entre otros (Pirchios, 2022).

Los mapas de calor son una herramienta esencial en el campo de la bioinformática, una disciplina interdisciplinaria que utiliza la informática para analizar y comprender datos biológicos a gran escala. Estos mapas ofrecen una representación visual de datos complejos, permitiendo a los investigadores identificar patrones, tendencias y relaciones en una amplia variedad de contextos biológicos. Finalmente, se explora cómo los mapas de calor se han convertido en una herramienta esencial en la bioinformática y cómo han revolucionado nuestra capacidad para analizar datos biomoleculares, genéticos y genómicos. (Salas 2021)

### **¿Cómo se elabora un mapa de calor?**

La elaboración de un mapa de calor implica una serie de etapas que van desde la recopilación y preparación de los datos hasta la generación e interpretación de la visualización final del mapa. A continuación, se presenta una guía general del proceso:

a) Recopilación y preparación de datos: En primer lugar, se debe reunir los datos que se desean visualizar en el mapa de calor, los cuales deben estar organizados en una matriz bidimensional, donde las filas representen elementos de estudio (por ejemplo, genes o individuos) y las columnas correspondan a características o condiciones (por ejemplo, tiempo o tratamiento). Es fundamental asegurarse de que los datos estén correctamente depurados

y formateados, lo que puede implicar la eliminación de valores atípicos, la normalización de datos o la imputación de valores faltantes, según sea necesario.

b) Selección de una biblioteca o herramienta de software:

Para crear un mapa de calor, se requiere el uso de una biblioteca de visualización de datos o un software especializado. Algunas opciones ampliamente utilizadas incluyen Python, mediante bibliotecas como Matplotlib, Seaborn o Plotly, así como programas específicos para la creación de mapas de calor como Heatmapper, GENE-E o Morpheus.

c) Elección del método de agrupación y ordenamiento:

Antes de crear el mapa de calor, es importante decidir cómo se organizará y agruparán los datos. La agrupación de filas y columnas en función de la similitud de los valores facilita la identificación de patrones en el mapa.

d) Creación del mapa de calor:

Una vez seleccionada la biblioteca de visualización o la herramienta de software, se procede a proporcionar los datos y configurar aspectos como la escala de colores, la etiquetación de ejes y los títulos.

Esta etapa permite ajustar la visualización para que los resultados sean claros y comprensibles

e) Interpretación y análisis:

Tras la generación del mapa de calor, se analizan los patrones y tendencias que se destacan en la visualización. Las áreas de alta o baja intensidad de color pueden indicar relaciones significativas, diferencias entre grupos o posibles agrupaciones de los datos.

f) Refinamiento y comunicación:

El proceso puede repetirse ajustando parámetros y la presentación con el fin de resaltar de manera efectiva los resultados del análisis.

Finalmente, los resultados obtenidos se comunican mediante informes, presentaciones u otros recursos de visualización de datos, facilitando su comprensión y aprovechamiento de la información.

Cabe señalar que los pasos específicos para la creación de mapas de calor pueden variar según la herramienta o el software empleado, por lo que es recomendable consultar la documentación correspondiente de la herramienta que estés utilizando para obtener detalles precisos sobre cómo generar y personalizar mapas de calor.

### Importancia del mapa de calor oncogenómico

Los mapas de calor oncogenómicos son una herramienta de gran importancia en la investigación y el estudio del cáncer, ya que desempeñan un papel fundamental en la comprensión de las características moleculares de las células cancerosas y

en la identificación de posibles objetivos terapéuticos (Thormo 2017). A continuación, se presentan algunas de las razones clave que explican su importancia en la investigación del cáncer:

a) Visualización de patrones de expresión génica: Los mapas de calor oncogenómicos permiten visualizar de manera efectiva los patrones de expresión génica en tejidos o células cancerosas. Esto facilita la identificación de genes sobreexpresados o subexpresados en comparación con las células normales, lo que aporta información clave sobre los procesos moleculares que impulsan el cáncer.

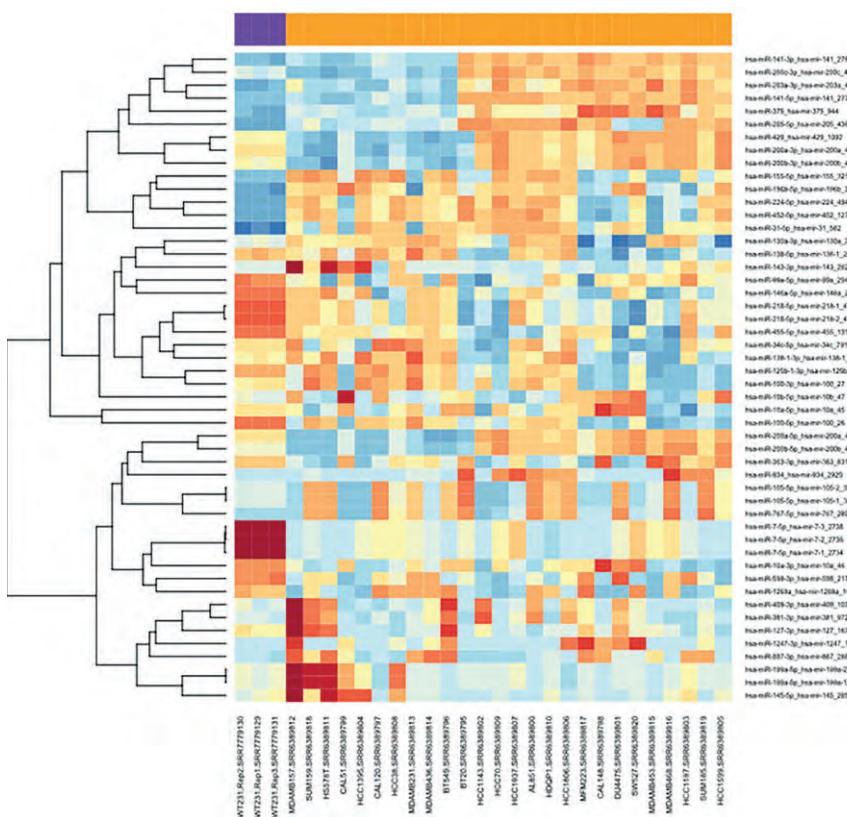
b) Clasificación de subtipos de cáncer: Esta herramienta permite identificar subtipos de cáncer a partir de sus perfiles de expresión génica. Esto es importante porque diferentes subtipos pueden responder de manera diferente a los tratamientos y tener pronósticos distintos,

lo que lleva a enfoques de tratamiento más personalizados.

c) Descubrimiento de biomarcadores: Los mapas de calor oncogenómicos ayudan a la identificación de biomarcadores (genes o proteínas específicos) útiles para el diagnóstico temprano, el pronóstico y la predicción de la respuesta al tratamiento, aspectos fundamentales para el desarrollo de terapias más dirigidas y eficaces.

d) Identificación de dianas terapéuticas: Al analizar los patrones de expresión génica en células cancerosas, los mapas de calor pueden detectar genes o vías específicas que están hiperactivadas o desreguladas en células cancerosas, las cuales pueden convertirse en objetivos terapéuticos potenciales para el desarrollo de nuevos medicamentos.

e) Seguimiento de la progresión del cáncer: Los mapas de calor oncogenómicos también se utilizan para estudiar los



**Figura 1.**  
Mapa de calor de la expresión de microRNAs asociado a cáncer de mama triple negativo. Esta construcción permitió observar que utilizando el top 50 de los microRNAs asociados a cáncer de mama, triple negativo, con mayor varianza en su expresión, permite separar la muestras en dos grupos. En las filas se muestran los microRNAs y en las columnas las muestras. Los mosaicos reflejan una bajo expresión en tonos azules mientras que la sobre expresión se muestra en rojo  
Elaboración propia

## MACRINA BEATRIZ SILVA CÁZARES

Egresada del Doctorado Institucional en Ingeniería y Ciencia de Materiales (DICIM) de la UASLP con la línea de investigación de Biomateriales e Ingeniería Molecular. Se desempeña como profesora investigadora de Tiempo Completo, adscrita a la Unidad Académica Multidisciplinaria Región Altiplano de la UASLP, e integrante del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), nivel I. Actualmente desarrolla proyectos de investigación en oncogenómica y bioinformática, con énfasis en cáncer de mama.



cambios en la expresión génica a medida que el cáncer progresá, proporcionando información valiosa sobre la evolución de la enfermedad y la aparición de resistencia a los tratamientos.

f) Apoyo en la toma de decisiones clínicas: Los resultados de los mapas de calor pueden orientar a los médicos a tomar decisiones informadas sobre la selección de tratamientos en pacientes con cáncer, especialmente en casos de tumores poco comunes o resistentes a las terapias convencionales.

Uno de los usos más comunes de los mapas de calor en bioinformática es el análisis de expresión génica, ya que permite visualizar cómo los genes se activan o se silencian en diferentes condiciones experimentales. Esto facilita la identificación de patrones de expresión que pueden estar relacionados con procesos biológicos específicos o enfermedades. Por ello, los mapas de calor se han convertido en una herramienta fundamental en la investigación de biomoléculas (Figura 1).

### Conclusiones:

En el ámbito de la medicina y la investigación biomédica, los mapas de calor también se han utilizado para explorar la variabilidad genética en poblaciones humanas, identificar marcadores genéticos

de enfermedades y predecir la respuesta a tratamientos específicos. Esto ha contribuido a avances significativos en el desarrollo de la medicina personalizada, donde los tratamientos se adaptan a las características genéticas individuales de los pacientes.

En resumen, los mapas de calor constituyen una herramienta esencial en la bioinformática, ya que ha transformado la forma en se analizan e interpretan los datos biológicos. Su capacidad para visualizar datos complejos de manera intuitiva y efectiva ha impulsado avances en la investigación biomédica, la genómica, la biología molecular y otras áreas afines. En los siguientes apartados de este trabajo se abordará con mayor profundidad el proceso de elaboración y utilidad de los mapas de calor, así como algunos ejemplos de su aplicación en la bioinformática.

Por lo tanto, los mapas de calor oncogenómicos representan una herramienta clave en la investigación y el tratamiento del cáncer, ya que facilitan la comprensión de la biología subyacente de la enfermedad, la identificación de biomarcadores y dianas terapéuticas, y la mejora de la precisión en el diagnóstico y el tratamiento, lo que en última instancia puede tener un impacto significativo en la calidad de vida y el pronóstico de los pacientes. □

### Referencias bibliográficas:

- Villarino, Z. (2018). GENÉTICA MOLECULAR, GENÓMICA Y BIOINFORMÁTICA. *Journal of Basic and Applied Genetics*, 29(1), 59-65.
- Pirchio, R. (2022). Clasificación de cáncer de mama con técnicas de análisis de la componente principal-Kernel PCA, algoritmos de máquina de vectores de soporte y regresión logística. *MediSur*, 20(2), 199-209.
- Salas Urbano, M. (2021). Análisis de redes de coexpresión en cáncer.
- Monroy Nicolás, I. D., NICOLAS, M., & DANIELA, I. (2021). Reposicionamiento de fármacos como terapia para el cáncer de mama triple negativo mediante herramientas bioinformáticas (Master's thesis, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla).
- Tormo Martín, E. (2017). Estudio de los perfiles de expresión de microRNAs en líneas celulares de cáncer de mama triple negativo tratadas con doxorubicina: implicación de la familia miR-449.



Recibido: 03.09.2024 • Aceptado: 30.01.2026

Palabras clave: Enfermedad periodontal, periodontitis, enfermedad cardiometabólica.

# Sonrisas en peligro: Salud periodontal y cardiometabólica

---

JOSÉ CARLOS LÓPEZ RAMÍREZ

*mjcjllopez@gmail.com*

DOCTORADO EN CIENCIAS ODONTOLÓGICAS, FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA, UASLP

NURIA PATIÑO MARÍN

*nuriapaty@uaslp.mx*

FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA, UASLP

CELIA ARADILLAS GARCÍA

*celia@uaslp.mx*

FACULTAD DE MEDICINA, UASLP

La alteración en la salud bucodental puede desencadenar diferentes procesos que impactan negativamente en la calidad de vida. La gingivitis, causada por la acumulación de placa dental, es una enfermedad común que provoca inflamación y sangrado en las encías. Si no se trata, puede progresar a periodontitis, una condición inflamatoria crónica que afecta los tejidos que sostienen los dientes y que, en casos graves, puede provocar su pérdida. La periodontitis, a su vez, puede desencadenar una respuesta inflamatoria sistémica, lo que aumenta el riesgo de alteraciones cardiometabólicas. La adopción de un estilo de vida saludable y de adecuados hábitos de higiene oral contribuyen a su prevención.

La salud oral engloba la capacidad de hablar, sonreír, morder, masticar, deglutar y transmitir emociones a través de expresiones faciales sin dolor y en ausencia de enfermedad craneofacial. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), las estructuras de la cavidad bucal (entre ellas la lengua, los dientes y las encías) pueden verse afectadas por factores como la disponibilidad de alimentos ricos en azúcar y el acceso limitado a servicios de atención de salud bucodental. Entre las principales afecciones se encuentran las caries, la pérdida de dientes, el cáncer oral y enfermedades periodontales.

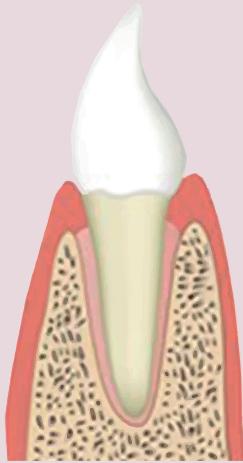
Las enfermedades periodontales son condiciones inflamatorias de origen bacteriano que, en sus etapas iniciales, se presentan como una inflamación superficial que afecta los tejidos blandos, como la encía. Si no se tratan adecuadamente, pueden progresar a periodontitis, afectando los tejidos de soporte dentario. Su progresión en el tiempo y sin tratamiento conduce a la movilidad y pérdida de los dientes (Cárdenas-Valenzuela *et al.*, 2021). La gingivitis es causada por la acumulación de una película pegajosa de bacterias (conocida como biofilm) y de placa bacteriana que se forma constantemente sobre los dientes. Si esta placa no se elimina mediante técnicas de higiene oral, como el cepillado, puede irritar las encías y provocar sangrado. Esta enfermedad es un proceso reversible; sin embargo, al no presentar dolor, muchas personas no buscan atención odontológica, contribuyendo al desarrollo de una enfermedad más grave: la periodontitis. En esta etapa, las bacterias que han crecido en cantidades elevadas representan uno de

los factores que inducen una reacción inflamatoria, con destrucción del ligamento periodontal y hueso alveolar, que puede ocasionar la pérdida prematura de dientes (Herrera *et al.*, 2018).

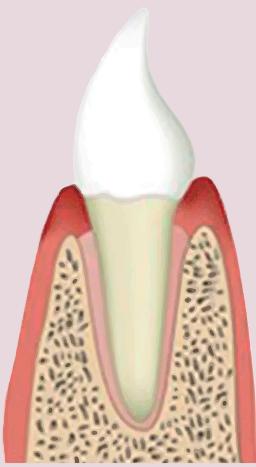
De acuerdo con Tonetti *et al.*, las características clínicas de la periodontitis pueden variar de una persona a otra, pero incluyen los siguientes aspectos clínicos: encías rojas e inflamadas, sangrado de encías, retracción de encías (que expone las raíces del diente y hace que parezcan más largos de lo normal), formación de bolsas periodontales (espacios entre los dientes y las encías debido a la destrucción de tejido de soporte), mal aliento, movilidad dental, sensibilidad dental y secreción (Figura 1)

La relación entre las enfermedades periodontales y las enfermedades cardiometabólicas es bidireccional y compleja. Por ejemplo, las personas con diabetes presentan un mayor riesgo de desarrollar periodontitis, y esta inflamación crónica puede, a su vez, afectar negativamente el control glucémico. Asimismo, la periodontitis se asocia con un riesgo moderado de enfermedad coronaria e isquemia. Por otro lado, la bacteriemia (presencia de bacterias en el torrente sanguíneo) inducida por la periodontitis, puede contribuir a la formación de placas de ateroma, lo que posiciona a la periodontitis como un factor de riesgo de enfermedad cardiovascular (ECV) (Herrera *et al.*, 2023).

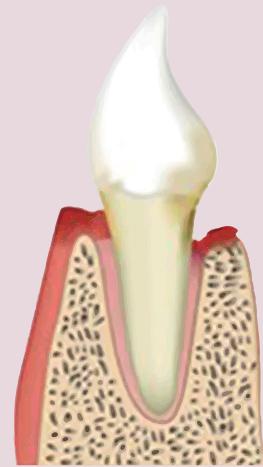
Las bacterias orales desencadenan una respuesta inflamatoria local. La presencia de bolsas periodontales



a)



b)



c)



Figura 1.

Deterioro progresivo de las encías por periodontitis

y úlceras crea un entorno propicio para los patógenos que promueven un incremento de la producción de citocinas proinflamatorias como la interleucina-1 $\beta$  (IL-1 $\beta$ ), interleucina-6 (IL-6), factor de necrosis tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ), y prostaglandina E2 (PGE2). Estos marcadores inflamatorios contribuyen a la destrucción de los tejidos de soporte dental y su incremento en circulación está relacionado con las alteraciones metabólicas, como la resistencia a la insulina y la diabetes mellitus tipo 2 (DMT2). Entonces, la periodontitis puede inducir incremento en los niveles de mediadores inflamatorios, lo que se asocia con un mayor riesgo de ECV (Solano & Dávila, 2023).

De acuerdo con lo publicado por King et al. (2022), la presencia de bolsas periodontales mayores a 4 milímetros se asocia a un incremento del 26 % en el riesgo de desarrollar diabetes, en comparación con pacientes con periodonto sano. Además, el tratamiento periodontal tiene un efecto de disminución del 0.27 % y 0.48 % de los niveles de hemoglobina glucosilada tras un periodo de tres a cuatro meses posteriores al tratamiento. Lo anterior, representa un efecto positivo en el control de los niveles de glucosa en personas con diabetes, contribuyendo de manera positiva en la gestión de la enfermedad y a la reducción de complicaciones. Aunque hay evidencia que respalda estos beneficios, se necesita más investigación para comprender completamente los mecanismos subyacentes.

Las enfermedades cardiométrabólicas constituyen un grupo de trastornos interrelacionados que aumentan de forma significativa el riesgo de ECV y DMT2. Entre los principales factores de riesgo cardiométrabólicos se encuentran alteraciones en el metabolismo de la glucosa y los lípidos, la obesidad y presión arterial elevada. Estas alteraciones están estrechamente relacionadas con estilos de vida no saludables, entre los que destacan el sedentarismo, tabaquismo y consumo excesivo de alcohol.

En un estudio reciente realizado en San Luis Potosí, México, donde participaron 642 niños y adolescentes de entre 6 y 19 años, se encontró una prevalencia del 8 % de prediabetes, asociada con altos niveles de glucosa, dieta inadecuada, hipertensión y concentraciones altas de colesterol en sangre (Lares-Villaseñor et al., 2023).

Entre los principales factores de riesgo cardiométrabólicos se encuentran alteraciones en el metabolismo de la glucosa y los lípidos, la obesidad y presión arterial elevada. Estas alteraciones están estrechamente relacionadas con estilos de vida no saludables, entre los que destacan el sedentarismo, tabaquismo y consumo excesivo de alcohol.



## JOSÉ CARLOS LÓPEZ RAMÍREZ

Doctor en Ciencias Odontológicas por la Facultad de Estomatología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Ha publicado tres artículos en revistas especializadas. Su línea de investigación está centrada en los AGEs y la enfermedad periodontal.

Estos hallazgos son relevantes porque la presencia de alteraciones metabólicas en edades tempranas tiende a persistir en la edad adulta, incrementando el factor de riesgo para el desarrollo de morbilidades asociadas a la obesidad, destacando la importancia de una intervención temprana.

Según datos del INEGI en 2021, las enfermedades del corazón se posicionaron como la principal causa de muerte en México, con 200, 535 defunciones registradas. Asimismo, la diabetes mellitus ocupó el segundo lugar con 115, 681 defunciones. Estas cifras subrayan la importancia de abordar estos trastornos de manera integral, no sólo a nivel individual, sino también a través de políticas de salud pública orientadas a la prevención, la educación y el acceso oportuno a la atención médica adecuada. Por su parte, de acuerdo con cifras de la Secretaría de Salud en 2010, la gingivitis y las enfermedades periodontales presentaron mayor incidencia en los estados de Zacatecas, Hidalgo y San Luis Potosí, con tasas de 1 742.9, 1 656.5 y 1 154.3 casos por cada 100 000, respectivamente.

La enfermedad periodontal y la ECV representan un desafío importante para la salud pública a nivel mundial, por lo que requieren la comprensión y atención tanto de los profesionales médicos especializados como de los profesionales de la salud dental. En México, los estudios que relacionen ambas condiciones son limitados; sin embargo, actualmente se desarrolla un proyecto cuyo objetivo es determinar si existe relación entre la periodontitis, el sobrepeso y la obesidad en población mexicana de 18 a 59 años.

El cuidado de la salud oral y metabólica implican una adopción de hábitos de vida saludables y cuidado bucal adecuado. Por lo que se recomienda realizar cepillado dental de manera regular (tres veces al día), el uso de

hilo dental y enjuague bucal, así como visitas regulares al dentista. Además, es fundamental evitar el tabaco, limitar el consumo de alcohol, mantener un peso adecuado, realizar actividad física de manera regular y mantener una dieta equilibrada, conforme a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana 043-SSA2-2012.

### Conclusión

El diagnóstico temprano y el tratamiento oportuno de las enfermedades bucales son esenciales para reducir la carga inflamatoria en el cuerpo. Las visitas regulares al dentista, al menos cada seis meses, son cruciales para mantener una buena salud oral y contribuir a la preventión de problemas cardiometabólicos. En este sentido, el cuidado de la salud bucal no solo es vital para mantener una sonrisa saludable, sino también para un cuerpo más sano y una mejor calidad de vida a largo plazo. **UP**

### Referencias Bibliográficas

- Cárdenes-Valenzuela, P., Guzmán-Gastelum, D. A., Valera-González, E., Cuevas-González, J. C., Zambrano-Galván, G., & García-Calderón, A. G. (2021). Principales criterios de diagnóstico de la nueva clasificación de enfermedades y condiciones periodontales. *International journal of odontostomatology*, 15(1), 175-180.
- Herrera, D., Figueroa, E., Shapira, L., Jin, L., & Sanz, M. (2018). La nueva clasificación de las enfermedades periodontales y periimplantarias. *Revista científica de la Sociedad Española de Periodoncia*, 1(9), 94-110.
- Herrera, D., Sanz, M., Shapira, L., Brotons, C., Chapple, I., Frese, T., ... & Vinker, S. (2023). Association between periodontal diseases and cardiovascular diseases, diabetes and respiratory diseases: Consensus report of the Joint Workshop by the European Federation of Periodontology (EFP) and the European arm of the World Organization of Family Doctors (WONCA Europe). *Journal of Clinical Periodontology*, 50(6), 819-841.
- Solano, M. P. G., & Dávila, M. D. C. C. (2023). Asociación entre enfermedad periodontal y enfermedad cardiovascular. *Odontología Activa Revista Científica*, 8(1), 43-56.
- Lares-Villaseñor, E., Salazar-García, S., Cossío-Torres, P. E., Medina-Jasso, D. L., Aradillas-García, C., Portales-Pérez, D. P., & Vargas-Morales, J. M. (2023). Glycemia and associated factors in a pediatric population in Mexico. *Frontiers in Pediatrics*, 11, 1172837.

Recibido: 07.09.2025 • Aceptado: 23.01.2026

Palabras clave: Fútbol, conocimiento, ciencia, divulgación, balón.

# Futbol y conocimiento. Cuando la ciencia también entra a la cancha

..... ●  
AMAURY DE JESÚS POZOS GUILLÉN

[apozos@uaslp.mx](mailto:apozos@uaslp.mx)

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO, UASLP



Este texto presenta al futbol como un fenómeno social, cultural y científico que trasciende el deporte. El Mundial 2026, propone al futbol como pretexto para divulgar conocimiento desde múltiples disciplinas. Destaca el valor de los lenguajes visuales, la lectura profunda y la divulgación rigurosa para hacer visible la ciencia. “Que ruede el balón” simboliza poner el conocimiento en movimiento y compartirlo con la sociedad.

### **El futbol no es sólo un deporte**

Es historia, cultura, ciencia, identidad, economía, tecnología, salud y educación; pero, sobre todo, es un fenómeno social que atraviesa generaciones, países y disciplinas del conocimiento. Pocos fenómenos contemporáneos logran concentrar, en noventa minutos (a veces un poco más), tantas emociones, narrativas, estrategias y saberes como un partido de futbol.

### **El futbol como fenómeno global y objeto de conocimiento**

El Mundial de Futbol 2026 será un evento sin precedentes. Por primera vez, la Copa del Mundo será organizada de manera conjunta por tres países: México, Estados Unidos y Canadá, y reunirá a 48 selecciones nacionales de todos los continentes. Coordinado por la Federación Internacional de Futbol Asociación (FIFA), el organismo que articula y regula el futbol a escala mundial, el torneo se consolida como uno de los eventos culturales y mediáticos de mayor alcance global, capaz de convocar a millones de personas más allá de fronteras, lenguas y diferencias culturales.

Esta dimensión global hace del futbol un espacio de encuentro multicultural, donde conviven estilos de juego, tradiciones, identidades e historias diversas. Algo similar ocurre en la universidad: un territorio donde confluyen disciplinas, enfoques, métodos y lenguajes distintos que, al dialogar, enriquecen la producción de conocimiento. Así como el futbol mundial se construye desde la pluralidad de países y formas de jugar, el conocimiento universitario se fortalece a partir de la diversidad de áreas de conocimiento y del intercambio interdisciplinario.

Desde esta mirada, el futbol puede analizarse desde múltiples campos: la física del movimiento,

la biomecánica, la nutrición, la medicina, la psicología, la historia, la sociología, la economía, la comunicación, los estudios de género, la sustentabilidad, la tecnología o la inteligencia artificial. Pensarlo así permite afirmar algo fundamental: el futbol es mucho más que un juego.

### **Miradas múltiples para entender un mismo juego**

Pensar el futbol desde la universidad implica abordarlo con miradas académicas, científicas y culturales que permitan comprender todo lo que lo rodea como fenómeno social. Investigadoras e investigadores de todas las áreas del conocimiento tienen algo que aportar: ciencias, ingenierías, ciencias de la salud, ciencias sociales, humanidades, educación, artes, economía, derecho y comunicación.

El futbol puede analizarse, por ejemplo, desde:

- a) La historia y su impacto social y político.
- b) La ciencia del rendimiento deportivo, la física del movimiento y la biomecánica.



El futbol funciona como pretexto para divulgar conocimiento, conectar disciplinas y mostrar que la ciencia también está presente en aquello que emociona, moviliza y une a millones de personas

- c) La tecnología aplicada al análisis del juego, los datos y la inteligencia artificial.
- d) La medicina, la nutrición y la prevención de lesiones.
- e) La psicología del deporte, el trabajo en equipo y la toma de decisiones bajo presión.
- f) La identidad cultural, la pertenencia y la construcción de imaginarios colectivos.
- g) Los estudios de género, inclusión y diversidad.
- h) El futbol como industria y fenómeno económico global.
- i) El papel de los medios de comunicación en la narrativa del deporte.

En síntesis, el futbol funciona como pretexto para divulgar conocimiento, conectar disciplinas y mostrar que la ciencia también está presente en aquello que emociona, moviliza y une a millones de personas.

#### **Cuando la ciencia del futbol se vuelve visible**

La divulgación científica puede adoptar múltiples formas: textos breves, narrativas visuales, recursos gráficos, piezas digitales o formatos híbridos que combinan imagen y palabra. Entre estas posibilidades, los lenguajes visuales ocupan un lugar privilegiado para acercar el conocimiento académico a públicos amplios, más allá de quienes leen artículos especializados. Su fuerza radica en la capacidad de ordenar ideas, sintetizar información y establecer relaciones que permiten comprender fenómenos complejos sin sacrificar profundidad ni rigor.

En este marco, formatos como la infografía, junto con otros recursos visuales, integran evidencia científica, claridad conceptual y creatividad para construir relatos comprensibles y atractivos. No se trata sólo de mostrar datos, sino de contar historias con fundamento, despertar curiosidad y propiciar el diálogo entre la universidad y la sociedad. Divulgar, en este sentido, no es simplificar sin pensar ni reducir el conocimiento a fórmulas vacías; es un ejercicio intelectual exigente que implica comprender a fondo, seleccionar lo esencial, cuidar el lenguaje y asumir la responsabilidad ética de comunicar ciencia de manera clara y precisa.

#### **"Que ruede el balón": el conocimiento en movimiento**

La frase "Que ruede el balón" simboliza el inicio del juego, el momento en que todo comienza.



## AMAURY DE JESÚS POZOS GUILLÉN

Licenciatura en Medicina Estomatológica por la Facultad de Estomatología, UASLP. Doctorado en Ciencias Biomédicas Básicas por la Facultad de Medicina, UASLP. Actualmente se desempeña como secretario de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí; además trabaja en el proyecto de investigación "Biomateriales para regeneración de tejidos".

Que ruede el balón significa activar el pensamiento, abrir el diálogo entre disciplinas y permitir que la ciencia, la historia y la cultura entren en juego.

En este partido del conocimiento, cada infografía es una jugada distinta: algunas son pases cortos que explican conceptos clave; otras son tiros libres que colocan la información con precisión; hay tiros de esquina que abren nuevas perspectivas desde ángulos inesperados y grandes atajadas que aclaran dudas o desmienten ideas preconcebidas. También hay infografías que funcionan como un gol en el último minuto, capaces de cambiar la forma en que entendemos un fenómeno, o como un penal revisado por el Árbitro Asistente de Video (VAR, por sus siglas en inglés), donde el rigor científico obliga a detenerse, revisar la evidencia y tomar decisiones fundamentadas.

Todas forman parte de un juego colectivo, donde el conocimiento no se guarda, sino que circula, se discute y se comparte.

### Leer para comprender, comprender para divulgar

Detrás de toda buena divulgación hay lectura. Leer es entrenar la mirada, afinar el criterio y ampliar perspectivas; es prepararse antes de salir a la cancha del análisis y la comunicación científica. La lectura profunda permite fundamentar ideas, construir hipótesis sólidas y sostener argumentos con evidencia, del mismo modo en que un equipo estudia al rival, analiza partidos previos y diseña estrategias antes del juego.

Leer también nos recuerda que el fútbol puede pensarse desde el rigor científico, pero igualmente desde la narrativa, la crónica, el ensayo, la memoria colectiva, la ironía o el humor. Así como ningún gol es producto del azar absoluto, ninguna infografía sólida surge sin una base previa de

conocimiento. Detrás de cada jugada hay ciencia; detrás de cada equipo, historia; y detrás de cada partido, una compleja red de significados sociales y culturales.

### El conocimiento también se juega

Fútbol y conocimiento parte de una idea simple: la universidad no sólo produce conocimiento, también debe hacerlo visible, comprensible y socialmente relevante. El fútbol, por su capacidad de convocatoria y su riqueza simbólica, se convierte en un escenario privilegiado para mostrar que la ciencia está presente en los movimientos, las decisiones, las emociones y las historias que se viven dentro y fuera de la cancha.

Porque, al final, así como en el fútbol, el conocimiento cobra sentido cuando se pone en movimiento, se comparte y se vive colectivamente. 

**"Que ruede el balón".**



Recibido: 05.02.2025 • Aceptado: 29.01.2026

Palabras clave: Inteligencia artificial, redes neuronales, Morlet wavelet, sistemas dinámicos, caos.

# “Redes neuronales recurrentes: El cerebro artificial que aprende del pasado”

DANIEL ALEJANDRO MAGALLÓN GARCÍA

[daniel.magallon6532@academicos.udg.mx](mailto:daniel.magallon6532@academicos.udg.mx)

COORDINACIÓN ACADÉMICA REGIÓN ALTIPLANO OESTE, UASLP

LUIS JAVIER ONTAÑÓN GARCÍA PIMENTEL

[luis.ontanon@uaslp.mx](mailto:luis.ontanon@uaslp.mx)

COORDINACIÓN ACADÉMICA REGIÓN ALTIPLANO OESTE, UASLP

JOSÉ LUIS ECHENEUSIA MONROY

[echeneusia@cicese.mx](mailto:echeneusia@cicese.mx)

CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN

SUPERIOR DE ENSENADA (CICESE)

JONATAN PEÑA RAMÍREZ

[jpena@cicese.mx](mailto:jpena@cicese.mx)

CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN

SUPERIOR DE ENSENADA (CICESE)



Las redes neuronales artificiales recurrentes de primer orden con activación *Morlet wavelet* representan un enfoque innovador para la identificación y el análisis de sistemas dinámicos, incluidos aquellos con comportamientos caóticos. En este artículo se explican los fundamentos de las redes neuronales, las funciones de activación y los algoritmos de entrenamiento, destacando el uso de *wavelets* para el modelado de dinámicas temporales, lo que resulta en aplicaciones clave en la predicción, el control y la simulación de sistemas dinámicos.

Comprender cómo funciona el cerebro es uno de los hitos más importantes de la ciencia. Su exploración se basa en la idea de que su funcionamiento depende de la interconexión de pequeños agentes que llamamos neuronas, donde cada una de ellas puede exhibir un amplio comportamiento no lineal. En este sentido, la ciencia busca crear modelos cada vez más realistas y biológicamente plausibles que muestren capacidades de aprendizaje y adaptación similares a las observadas en el cerebro humano.

Hoy en día, gracias a los avances en electrónica y computación, es posible desarrollar sistemas de inteligencia artificial más avanzados, capaces de manejar tareas complejas como el reconocimiento de patrones, la toma de decisiones y el aprendizaje a partir de la experiencia, imitando el comportamiento dinámico del cerebro.

La inteligencia artificial es una rama de las ciencias computacionales (Figura 1) y, dentro de ella, se subdividen áreas específicas de aplicación, como los sistemas expertos, el procesamiento de lenguaje natural (lo que hace ChatGPT) y el aprendizaje de máquina. En esta última área se exploran la catalogación y clasificación precisa de grandes cantidades de información.

Los algoritmos de aprendizaje profundo tienen sus raíces a principios de la década de 1980, con el trabajo de John Hopfield (Hopfield, 1982), quien presentó un modelo capaz de almacenar y recuperar patrones de información. Desde entonces, se ha intensificado la investigación y el desarrollo de algoritmos más robustos y eficientes, que ahora se utilizan para resolver problemas ordinales o temporales; por ejemplo, la traducción de idiomas, el reconocimiento de voz y el etiquetado de imágenes.

En particular, las redes neuronales (RN) artificiales forman parte del aprendizaje profundo y son utilizadas en disciplinas como la neurociencia, las matemáticas, la estadística, física, ciencias de la computación e ingeniería. Estas redes nos permiten realizar las siguientes tareas: Clasificación de información: determinar si la imagen de una foto corresponde a un perro o no, por ejemplo. Predicción de valores: Calcular el costo de vivienda del siguiente año a partir de datos históricos de costos. Identificación de datos o estados: Seguir o imitar los estados o valores que ciertos sistemas adquieren en el tiempo.

Estas aplicaciones abarcan diversas áreas, incluyendo modelado, análisis de series temporales, reconocimiento de patrones, procesamiento de señales e imágenes, y control, gracias a su capacidad fundamental:



Figura 1.

Diagrama del campo de la inteligencia artificial y algunas de sus áreas

aprender de los datos de entrada y adaptarse a los cambios que se presenten.

Desde el punto de vista estructural, la figura 2 ofrece un panorama general de la conformación de las RN. Estas redes contienen varios elementos o neuronas que pueden representarse mediante parámetros, variables o funciones simples, en cada fila (de 1,2 , hasta  $i$ ) determina el número de neuronas. Además, el orden de una RN está determinada por la interconexión de neuronas, donde se procesa la información; además de depender del tipo de problema o complejidad que se esté analizando o identificando.

Los parámetros ( $a_{-1}, a_{-2}, \dots, a_{-i}; b_{-1}, b_{-2}, \dots, b_{-i}; c_{-1}, c_{-2}, \dots, c_{-i}$ ) denotados en cada proceso o capa de una red se conocen como pesos sinápticos (como se muestran en la Figura 2). Estos deben ajustarse mediante procesos iterables para converger hacia una salida deseada, empleando ciertos métodos de entrenamiento y validación.

Cada RN tienen entradas y salidas de información interconectadas entre sí, como se observa en las flechas y su sentido. Dependiendo del tipo de conexiones que

muestran, las RN se clasifican principalmente en dos categorías: a) las RN de alimentación hacia adelante (*feedforward*); y b) las RN recurrentes o con realimentación.

Las redes neuronales recurrentes (RNN, por sus siglas en inglés) se caracterizan por la presencia de lazos de retroalimentación entre sus neuronas, lo que las distingue de las redes neuronales feed-forward, en las cuales la salida de cada neurona se conecta únicamente con las neuronas de la siguiente capa.

Para que una RN realice su tarea, es necesario someterla a procesos de entrenamiento y, posteriormente, validar si lo realizado concuerda con lo esperado. A continuación, se profundiza en estos aspectos.

### Función de activación

Para que una RNN pueda catalogar o identificar una persona, una mascota o incluso una señal que contenga información se requieren de funciones de activación, las cuales permiten indicar numéricamente la probabilidad de aparición entre las cosas. Existen varias funciones de activación, pero resaltan dos de las más relevantes, las cuales se muestran gráficamente en la figura 3.

**Función sigmoidal:** Toma su nombre de la curvatura que surge al graficarla. Esta función asigna valores cercanos a cero cuando no existe similitud y valores cercanos a uno cuando sí la hay, dependiendo de las características de la señal de entrada.

**Función Morlet Wavelet:** El término *wavelet* se traduce al español como ondeleta. Esta función se enfoca en detectar periodicidades y singularidades en las señales de entrada, lo que hace que la activación en RN sea adecuada en el uso de señales que varían en el tiempo, como las señales de audio o algunas otras generadas por sistemas físicos. Las wavelets permiten aproximar funciones o datos de señales de entrada incluso cuando presentan señales discontinuas, a diferencias de las señales trigonométricas de seno y cosecno. La cantidad o rapidez de oscilaciones que presentan son las que permiten el análisis en la identificación de señales.

### Algoritmo de entrenamiento

Las RNN deben ser entrenadas para llevar a cabo la tarea que se les asignan, como, por ejemplo, la identificación de sistemas mecánicos o señales que estos producen a lo largo del tiempo. Para ello, es necesario considerar que las RNN

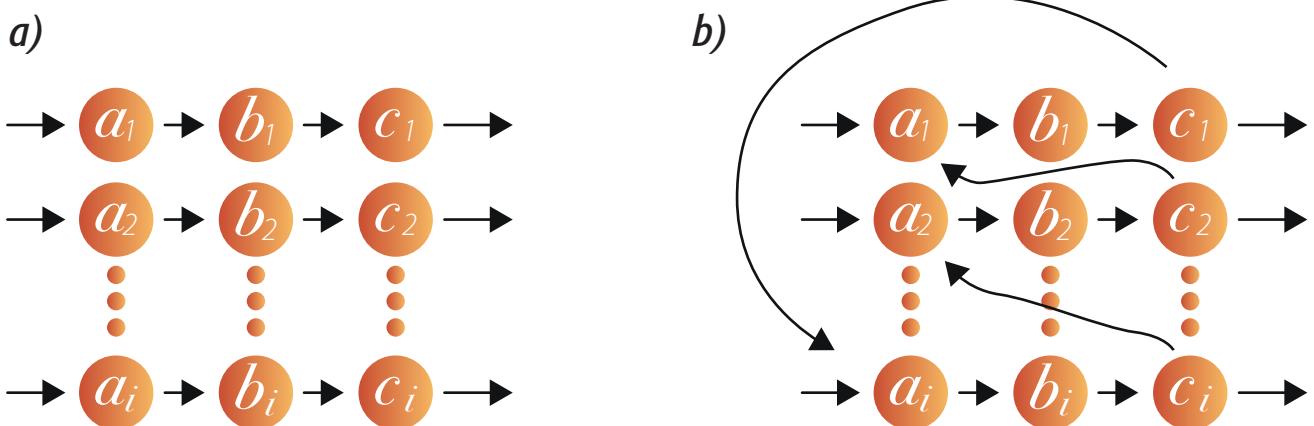


Figura 2.

Redes neuronales con alimentación: a) hacia adelante (*feedforward*); b) recurrente

funcionan de forma repetitiva o iterada; es decir, repiten sus procesos varias veces durante los entrenamientos para poder comprobar el desempeño de su salida.

A pesar de que existen diferentes métodos de entrenamiento, uno de los más comunes es el filtrado del error. Este algoritmo es usado para ajustar los pesos sinápticos de la red, los cuales deben estar acotados para llevar a cabo la identificación del sistema dinámico. El procedimiento consiste en estimar la diferencia o error entre lo que se desea que la red identifique, comparado con lo que está identificando en algún paso intermedio de salida.

### **Aplicaciones de las redes neuronales artificiales recurrentes Morlet wavelet**

Como se mencionó anteriormente, las RNN tienen múltiples aplicaciones (Magallón-García *et al.* 2024). Sin embargo, las redes neuronales recurrentes de primer orden basadas en wavelets resaltan del resto, ya que desempeñan un papel crucial en el análisis y control de sistemas dinámicos.

En el ámbito académico, un sistema dinámico se define como un conjunto de reglas que describen el comportamiento de una

entidad que cambia con el tiempo. La naturaleza de la entidad puede ser tan simple como el péndulo de un reloj o mucho más compleja como el comportamiento del clima. En este sentido, cualquier agente cuyo comportamiento cambia en el tiempo puede considerarse un sistema dinámico. Estas reglas suelen expresarse mediante ecuaciones diferenciales, ya que las derivadas son herramientas matemáticas que permiten medir los cambios temporales.

Por ejemplo, es posible modelar y medir los cambios en la estatura de una persona a lo largo de su vida o la cantidad de peces capturados por un pescador durante una temporada. Las derivadas permiten describir los cambios entre las relaciones y los elementos presentes en un sistema dinámico. Dado que prácticamente todo lo que nos rodea experimenta cambios con el tiempo, es posible afirmar que se está rodeado de sistemas dinámicos; como el movimiento de los planetas, los flujos de agua en los mantos acuíferos y los de agua potable, la transmisión de energía eléctrica, el comportamiento de la sociedad e incluso el propio ser humano

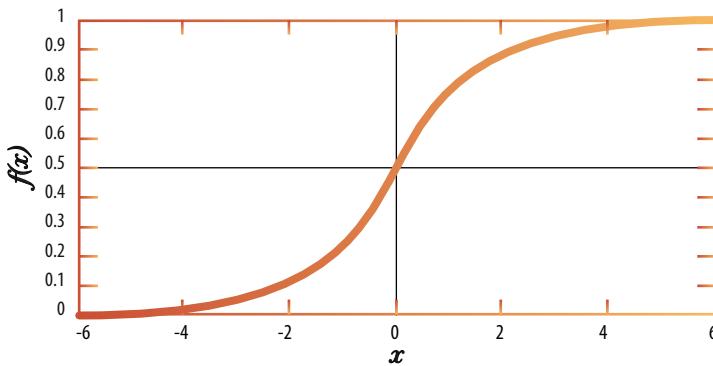
Las redes neuronales recurrentes de primer orden wavelets son especialmente

eficaces para modelar sistemas dinámicos no lineales, gracias a su capacidad para descomponer señales en diferentes escalas temporales y capturar la evolución de sus dinámicas (Echenausía-Monroy *et al.* 2024). En la identificación de sistemas, estas redes aprenden las relaciones entre entradas y salidas utilizando datos históricos. En el control de sistemas dinámicos, estas redes predicen dinámicas en tiempo real, permitiendo diseñar controladores adaptativos que mejoran la estabilidad y el desempeño.

Un ejemplo de esto se puede apreciar en la figura 4, donde la señal en color negro corresponde a un sistema dinámico con comportamiento caótico. En color naranja, se muestra el resultado de la RNN *Morlet wavelet* tras haber realizado una identificación correcta del sistema en un tiempo muy corto (alrededor de un segundo). A partir de este tiempo, los sistemas permanecen oscilando de manera síncrona, con un error muy bajo entre sus trayectorias a pesar de la curvatura o cantidad de oscilaciones que presenta la señal original.

Estos resultados pueden ser de utilidad en la identificación de anomalías como vibraciones o irregularidades en sistemas

**a)**



**b)**

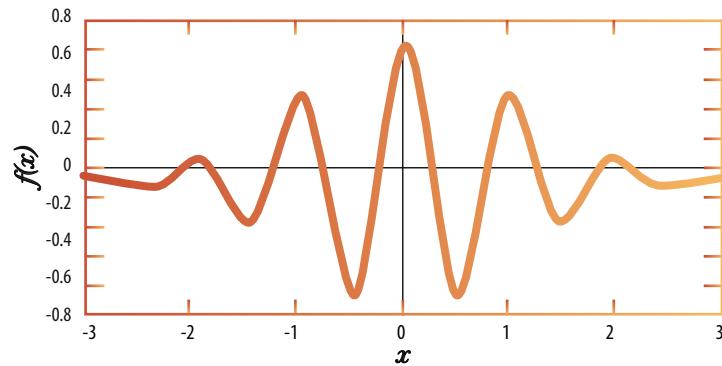


Figura 3.

Funciones de activación: *a)* Función sigmoidal; *b)* Función Morlet wavelet.



Doctor en Matemáticas Aplicadas por el Centro Universitario de los Lagos de la Universidad de Guadalajara. Miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII), así como también de la Academia Mexicana de Sistemas Dinámicos y Complejidad (AMESDYC). Cuenta con 14 artículos científicos, con más de 100 citas. En la actualidad se desempeña como profesor asignatura nivel B en el Departamento de Ciencias Exactas y Tecnología del Centro Universitario de los Lagos, Universidad de Guadalajara, y en el Departamento de Matemáticas de la Preparatoria Regional de Lagos de Moreno, Universidad de Guadalajara.

de transporte. En aplicaciones industriales, estas redes optimizan procesos al modelar dinámicas complejas y permitiendo ajustes en tiempo real para maximizar la eficiencia y reducir costos. Asimismo, al simular sistemas difíciles de modelar con enfoques tradicionales, estas RNN generan aproximaciones basadas en datos que integran múltiples escalas temporales, proporcionando representaciones más completas y precisas de los sistemas simulados.

La combinación de Redes Neuronales Artificiales (RNN) y sistemas dinámicos ha dado lugar a avances significativos, entre los que destacan:

a) La anticipación del movimiento de objetos físicos o sistemas dinámicos.

- b) La aplicación de las RNN en robótica para optimizar su desempeño en tiempo real.
- c) La identificación de patrones en datos meteorológicos o mercados financieros.
- d) La predicción de datos futuros basados en patrones pasados.
- e) El diseño de controladores neuronales para manejar sistemas no lineales en tiempo real.

## Conclusiones

En conclusión, las redes neuronales recurrentes de primer orden wavelet son herramientas versátiles y potentes para enfrentar los desafíos relacionados con los sistemas dinámicos. Su capacidad para modelar, predecir, controlar y optimizar

estos sistemas las posiciona como una tecnología clave en una variedad de disciplinas científicas e industriales.

## Referencias bibliográficas:

- Echenausía-Monroy, J.L., Peña Ramírez, J., Álvarez, J., Rivera-Rodríguez, R., Ontañón-García, L. J., Magallón García, D. A. (2024). A Recurrent Neural Network for Identifying Multiple Chaotic Systems. *Mathematics*, 12(12), 1835.  
 Hopfield, J.J. (1982). "Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities". *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 79 (8): 2554–2558.  
 Magallón-García, D. A., García-López, J. H., Huerta-Cuellar, G., Jaimes-Reátegui, R., Diaz-Díaz, I. A., & Ontanón-García, L. J. (2024). Real-time neural identification using a recurrent wavelet first-order neural network of a chaotic system implemented in an FPAI. *Integration*, 96, 102134.

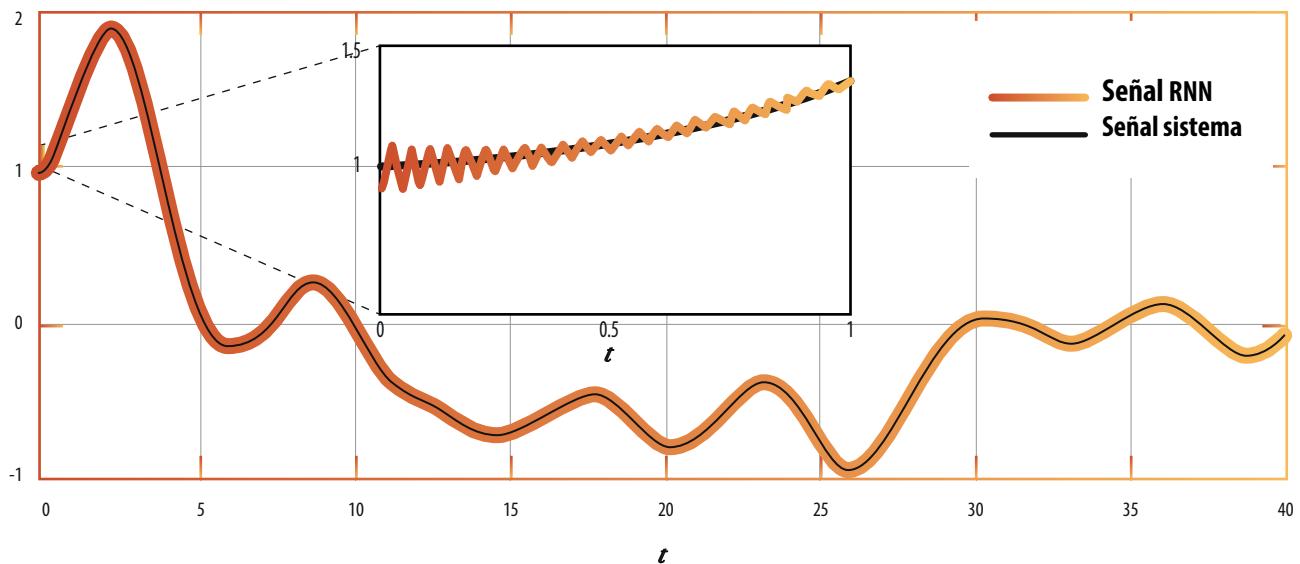


Figura 4.

Ejemplo de identificación del estado de un sistema dinámico mediante una RNN

MARTHA ALEJANDRA LOMELÍ PACHECO

*martha.lomeli@uaslp.mx*

INSTITUTO DE METALURGIA, UASLP



# Lágrimas en la cocina: un relato químico





Les deseo un excelente inicio de año y un regreso con entusiasmo a las actividades académicas. Este artículo tiene una especial dedicatoria a todos aquellos que, en el espíritu de las recientes celebraciones decembrinas, nos tocó preparar la cena navideña o de fin de año, y terminamos llorando. Y es que estoy segura de que fuimos más de uno los que derramamos algunas lágrimas... al cortar cebolla. Y lo más interesante es que esta situación tiene una explicación química sorprendente.

Este momento dramático frente a la tabla de picar no ocurre por casualidad, ya que la cebolla no produce este irritante para hacernos sufrir en la cocina, sino para defenderse. Muchas plantas utilizan estrategias químicas para evitar ser comidas. En el caso de la cebolla, su arma es un gas lacrimógeno que se activa solo cuando el vegetal es dañado.

En cuanto el cuchillo corta la cebolla, su interior se transforma en un pequeño laboratorio químico: enzimas se liberan, compuestos reaccionan y en cuestión de segundos: ¡algo invisible viaja hacia nuestros ojos! Ya que, aunque no lo creas ese irritante no estaba ahí antes de cortar la cebolla; se activa justamente cuando el vegetal es dañado.

#### **La ruta molecular que lleva al llanto**

Para entender por qué la cebolla provoca lágrimas, primero hay que mirar lo que ocurre dentro de sus células. Mientras la cebolla está intacta, todo lo que necesitamos para desencadenar el llanto ya está ahí... solo que separado. Por un lado, guarda compuestos que contienen azufre, llamados sulfóxidos de aminoácidos, y por otro lado, contiene enzimas especializadas capaces de transformar esos compuestos. Es como si tuviera los reactivos de una reacción listos, pero almacenados en compartimentos distintos para que no se mezclen antes de tiempo.

El momento decisivo llega cuando el cuchillo atraviesa la cebolla y rompe las paredes celulares. Al romperlas, los sulfóxidos y las enzimas (alilasa o alilinasa) finalmente se encuentran y comienza una reacción en cadena. En esa reacción se forman varios compuestos sulfurados, entre ellos los tiosulfonatos, responsables del olor característico que asociamos con el ajo y la cebolla crudos.

Pero ahí no termina la historia; la cebolla cuenta con una enzima adicional (bautizada por los bioquímicos como Lachrymatory Factor Synthase (LFS), literalmente "sintetizadora del factor lacrimógeno") que toma parte de esos tiosulfonatos y los reorganiza químicamente. El resultado es una molécula pequeña, volátil e irritante llamada syn-propanotial-S-óxido.

Esa molécula es el auténtico "gas lacrimógeno" de la cebolla. Al ser volátil, se escapa fácilmente de la superficie cortada y viaja por el aire hasta alcanzar nuestros ojos. Una vez allí, irrita las terminaciones nerviosas de la superficie ocular y el cerebro responde activando las glándulas lagrimales para diluir y expulsar el irritante, produciendo las lágrimas que conocemos.



### **¿Para qué le sirve esto a la cebolla?**

Llegados a este punto, vale la pena preguntarse: ¿por qué una planta invertiría recursos en producir enzimas, compuestos sulfurados y un gas irritante? La respuesta está en la evolución. La cebolla, al igual que muchas otras plantas, no puede huir ni defenderse físicamente. Su estrategia entonces se basa en ejecutar una guerra química.

En la naturaleza, los posibles atacantes de una planta no son chefs (o cocineros amateurs preparando su cena de año nuevo... como en mi caso), sino herbívoros pequeños, insectos y microorganismos. Para muchos de ellos, los compuestos liberados por la cebolla son desagradables, tóxicos o simplemente suficientes para desmotivarlos de seguir comiendo. Es una forma elegante de gritar "NO ME COMAS".

Este tipo de defensas no es exclusivo de la cebolla. La capsaicina del chile causa ardor como mecanismo defensivo y los taninos de algunas plantas producen amargor para desalentar su consumo. La cebolla, en cambio, elige un camino distinto: un irritante que actúa principalmente cuando su tejido es dañado.

### **El calor vence a la enzima**

Cuando la cebolla se somete al calor, en una parrilla, horno o cacerola la situación cambia completamente. Las enzimas responsables de producir el irritante son "dañadas" con la temperatura. A medida que la cebolla se calienta, estas enzimas pierden su estructura y dejan de funcionar (se desnaturalizan).

Sin enzimas activas, no se produce el syn-propanoil-S-óxido, y por lo tanto no hay lágrimas. Además, muchos de los compuestos sulfurados que daban el aroma penetrante se transforman en otras moléculas más suaves y dulces, lo que explica por qué la cebolla caramelizada tiene un sabor completamente distinto a la cruda.

### **¿Se puede evitar?**

Seguramente has escuchado de trucos o consejos para terminar con las lágrimas, estos van desde colocar una vela cerca de la tabla de picar, masticar chicle, hasta poner una cuchara dentro de tu boca. Desafortunadamente, nada de esto funciona, lo que sí podrías usar para disminuir tu presupuesto en pañuelos desechables es:

#### *a) Enfriar la cebolla antes de cortarla*

Colocar la cebolla en el refrigerador unos minutos reduce la velocidad de las reacciones enzimáticas que producen el gas. A menor temperatura, menor cantidad de molécula irritante llegará a los ojos.

#### *b) Usar un ventilador o corriente de aire*

Un ventilador pequeño, la campana de la estufa o incluso cortar cerca de una ventana abierta ayuda a desviar el gas antes

de que alcance el rostro. No elimina el irritante, pero lo mantiene lejos de tus ojos, lo cual es suficiente para prevenir el llanto. Solo asegúrate de ubicarte correctamente.

#### *c) Cortar bajo un chorro de agua*

El agua captura parte del gas y evita que suba en el aire. Aunque incómodo y poco práctico, es efectivo.

#### *d) Afilar bien el cuchillo*

Un cuchillo afilado rompe menos células, por lo que se liberan menos enzimas y menos factor lacrimógeno. De hecho, muchos cocineros profesionales lo consideran la acción más sencilla y elegante.

### **La ciencia al rescate**

En años recientes, equipos de investigadores y agricultores han desarrollado variedades de cebolla con menor expresividad del factor lacrimógeno, ya sea mediante selección tradicional o mediante biotecnología. En algunos países se comercializan como "sweet onions" o "tearless onions".

### **Dato curioso.**

El mecanismo de formación de este "gas lacrimógeno" no fue descubierto hasta el año 2002. Y si te gustaría leer más al respecto, te comparto el link del artículo original: <https://www.nature.com/articles/419685a>

Lo interesante de toda esta historia es que un acto tan cotidiano como cortar una cebolla revela un pequeño drama químico que ocurre frente (y en) nuestros ojos. Cada lágrima que brota no es solo un accidente culinario, sino el resultado de reacciones moleculares, estrategias evolutivas y mecanismos de defensa.

Les deseo un año lleno de curiosidad, descubrimientos inesperados y, si es posible, con menos lágrimas en la cocina. UP



PROTAGONISTA DEL COMERCIO Y NEGOCIOS INTERNACIONALES

# ALEJANDRA VERA GONZÁLEZ

GUADALUPE GUEVARA  
[guadalupe.guevara@uaslp.mx](mailto:guadalupe.guevara@uaslp.mx)



"El compromiso, la pasión y el entusiasmo que pongamos en desarrollar el trabajo es lo que genera resultados" afirma la catedrática de la Facultad de Economía de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Dra. Alejandra Vera González, quien desde hace 24 años imparte cátedra con esos principios formando a las nuevas generaciones de Licenciados en Comercio y Negocios Internacionales.

La investigadora universitaria recuerda cómo fueron sus inicios como catedrática recién egresada del Tecnológico de Monterrey en la Licenciatura en Comercio Internacional y de la Maestría en Mercadotecnia.

En el año 2002, pasó de ser docente hora clase a ser parte del núcleo de catedráticos que inició la licenciatura dentro de la Facultad de Economía, a la doctora Vera González le tocó arrancar la carrera de licenciatura de Comercio Exterior; una propuesta innovadora que diversificaba la oferta académica y profesional de la Facultad de Economía de la Máxima Casa de Estudios Potosina.

El impulso de crecimiento que vivió la educación superior durante la década del año 2000 dentro de la UASLP, llevó a la investigadora a empaparse de los procesos de calidad y evaluaciones, que ejecutan los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (CIEES) acciones que al día de hoy continúan manteniendo la calidad de la licenciatura y por ende de sus estudiantes.

Con orgullo la docente cuenta que el auge por estudiar Comercio y Negocios Internacionales, ha elevado las solicitudes de alumnos con números que alcanzan hasta los 700 aspirantes en los últimos procesos de admisión a la Institución.

Una cascada chicas y chicos, que a decir de la doctora Vera González, también han ido en crecimiento en materia de cupo para la Facultad, pues de 100 espacios que aceptaban en un principio, ha crecido hasta llegar a los 140.

Como buena académica, el éxito que ha implicado el crecimiento de la carrera no se lo atribuye a una sola acción, si no a toda una visión que la comunidad académica tuvo para primero cambiar el nombre de la licenciatura y en segunda instancia, conjuntar el perfil aduanero y el de negocio, en una sola formación profesional.

Califica como una ventaja competitiva ante la oferta de otras Universidades del país, haber consolidado dicho cambio.

Sobre sus experiencias dentro de las aulas Universitarias la investigadora sostiene que para ella la materia de: "Políticas y Estrategias de Competitividad Internacional" es una de las materias que le gusta impartir y la considera como su materia que tiene tatuada.

Destaca que en esta materia puede vaciar toda esa experiencia que adquirió en su formación de doctorado de Ciencias de la Administración por la UNAM y todas esas herramientas de análisis competitivo, inteligencia comercial e inteligencia artificial aplicada en negocios.

Pero independientemente de la materia, la doctora Alejandra Vera, asegura que lo que más la motiva como investigadora es "ver el potencial de los estudiantes y su interés por integrar esas herramientas para sus propios proyectos, para sus planes a futuro en su ejercicio profesional". Con todo esto reconoce que es aquí donde se da cuenta que San Luis Potosí tiene mucho que ofrecer al mundo.

Madre de un niño, al ser cuestionada sobre el doble reto que implica para las mujeres tener una vida profesional exitosa, pero también una vida personal sólida y estable, la docente universitaria comenta "yo les digo a mis alumnos cuando identifican algo que les llena el espíritu, no solo su intelecto, lo van a desarrollar de la mejor manera posible".

Con toda la tranquilidad, la doctora Alejandra Vera explica que afortunadamente se da de tiempo para todo y agradece su capacidad de no necesitar mucho sueño para funcionar en su día a día. Sostiene que la clave para las mujeres es organizar muy bien los tiempos y ponerle mucha pasión a lo que hacen y trabajan.

Considera: "eso es lo que nos da al final del día esa satisfacción humana. El saber que estás dando tu mayor esfuerzo en función de tus capacidades, de las oportunidades que tienes, de los apoyos que se van presentando, y por supuesto, saber aprovecharlos". **UP**

## APUNTES . . .



■ Le gusta viajar ya que le genera experiencias.



■ Recomienda escuchar a Vivaldi y sus "Cuatro estaciones".



■ Su gusto culposo es el Chocolate.

UN SHOT DE CIENCIA

DONDE LO COTIDIANO TAMBIÉN  
TIENE SU LADO INTERESANTE

FÁTIMA MARTÍNEZ GONZÁLEZ

mtz.glz.fatima@gmail.com

COMUNIDAD DE DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN DE LA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, UASLP



# ¿Bacterias que producen plástico?

Los microorganismos que podrían salvarnos del plástico tradicional.

PAMELA ALFARO JASSO

pamelaelonor@gmail.com

COMUNIDAD DE DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN DELA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, UASLP



¿Alguna vez te has detenido a imaginar qué sucede con es vaso de café desechable, esa bolsa de supermercado o esa botella de agua que usas solo unos minutos? Cuando los tiramos a la basura, no desaparecen mágicamente. Al contrario, pueden permanecer en el planeta durante siglos, fragmentándose poco a poco en diminutos pedazos que terminan en ríos, océanos, en el cuerpo de los animales... e incluso en nuestro cuerpo.

El plástico que usamos diariamente proviene de hidrocarburos fósiles y se caracteriza por ser barato, cómodo y resistente. Su difícil degradación ha hecho pensar a científicos de todo el mundo como combatir el problema. Una solución muy novedosa es la producción de bioplásticos, ha llamado la atención porque este tipo de plásticos es menos escandaloso ya que cuando termina su vida útil puede volver a la naturaleza sin dejar una huella que dure para siempre.

#### ¿Qué hace tan especial a los bioplásticos?

Son plásticos con características similares al plástico que comúnmente usamos, pero con la fascinante diferencia que puede ser descompuesto por las bacterias que lo producen obteniendo como resultado final dióxido de carbono y agua, esto da como resultado una degradación más rápida y amigable con el medio ambiente.

#### ¿Cuáles son los microorganismos que lo producen?

Son sintetizados por ciertas bacterias, tal es el caso de la bacteria *Pseudomonas putida*, la cual produce polihidroxialcanoatos, este microorganismo acumula el

polímero intracelularmente para usarlo posteriormente como fuente de reserva. La causa de que lo acumulen puede ser la fuente de carbono o un ambiente de estrés para la bacteria lo que activa ciertas rutas metabólicas para su producción.

#### ¿Cuáles son las perspectivas a futuro?

Debido a que posee un alto grado de cristalinidad, lo que significa que sus moléculas están muy bien ordenadas haciendo de él un material con las características necesarias para competir en la fabricación de botellas desechables, bolsas y otros productos desechables.

#### ¿Sabías que?...

En los últimos años se han encontrado residuos plásticos en las principales cuencas oceánicas, con un estimado de 4 a 12 millones de toneladas métricas. **UP**

#### Bibliografías:

- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Delgado, A. C. L., & Córdoba, A. M. (2015). Polihidroxialcanoatos (PHAs) producidos por bacterias y su posible aplicación a nivel industrial. *Informador Técnico*, 79(1), 83. <https://doi.org/10.23850/22565035.139>



# ¿Por qué las hojas cambian de color?

ANGÉLICA CECILIA MORÁN LÓPEZ  
*cecilia.moran0603@gmail.com*

Cada otoño, parques, bosques y avenidas se transforman en una paleta de amarillos, naranjas y rojos intenso. Este espectáculo natural no es sólo un deleite visual, es el resultado de procesos bioquímicos complejos que ocurren en las hojas de los árboles. Pero ¿por qué sucede este cambio de color?

Durante la primavera y el verano, las hojas son verdes gracias a la clorofila, un pigmento fundamental para la fotosíntesis. La clorofila permite que las hojas captén la energía de la luz solar y la convierta en energía que el árbol o planta utiliza para crecer y prosperar durante los meses más cálidos. Aunque las hojas contienen otros pigmentos, el verde domina debido a que la clorofila es abundante y enmascara los demás colores.

A medida que el otoño va entrando, los días se acortan y hay menos luz solar disponible para la fotosíntesis. Este cambio ambiental le indica al árbol que se aproxima una estación menos favorable. Como respuesta, la planta reduce la producción de clorofila y comienza a descomponer la que ya existe en las hojas. A medida que el color verde se desvanece, los otros pigmentos que han estado escondidos debajo de la superficie comienzan a brillar.

Los carotenoides son pigmentos amarillos y anaranjados que han estado presentes en la hoja todo el tiempo, pero ocultos por la clorofila. En cambio, las antocianinas, que producen colores rojos y púrpuras, suelen sintetizarse en

otoño y se crean cuando los azúcares quedan atrapados en la hoja y reaccionan con la luz solar.

El cambio de color es sólo una etapa previa a la caída de las hojas. Al desprenderse de ellas, los árboles recuden la pérdida de agua y evitan daños por heladas durante el invierno. Así, el árbol entra en una especie de reposo hasta que las condiciones vuelven a ser favorables en primavera.

El cambio de color de las hojas es una adaptación evolutiva que permite a los árboles sobrevivir a las estaciones frías. Al mismo tiempo, nos recuerda que detrás de los paisajes más bellos existen procesos científicos precisos y fascinantes. La próxima vez que observes una hoja de otoño, estarás contemplando el resultado de una compleja danza entre la luz, los pigmentos y la biología vegetal. □

## Referencias bibliográficas:

- Jeung, E. (2024, octubre 9). Why Do Leaves Change Colors and Fall Off Trees? - Pacific Science Center. Pacific Science Center. <https://pacificsciencecenter.org/blog/why-do-leaves-change-colors/>
- State University of New York College of Environmental Science and Forestry (ESF). (2025, octubre 28). Why Leaves Change Color. Esf.edu. <https://www.esf.edu/eis/eis-leaves-color-change.php>

# José Antonio Stephan de la Peña

ANA AMÉRICA REYES CARREÓN

america@uaslp.mx

Nacido en Monterrey, Nuevo León, el 07 de agosto de 1958, José Antonio Stephan de la Peña Mena es un destacado matemático mexicano, cuyo material es referente obligado de consulta para las nuevas generaciones de matemáticos en el país; de igual manera es un promotor de la ciencia en educación básica y media superior.

Realizó estudios de licenciatura en matemáticas en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, así como la maestría y doctorado en ciencias matemáticas en la misma universidad. Realizando una estancia posdoctoral en la Universidad de Zúrich, Suiza.

El trabajo de José Antonio de la Peña, ha traspasado fronteras siendo reconocido por sus contribuciones a la Teoría de las Representaciones de Álgebras, Teoría espectral de gráficas y aplicaciones en enfermedades neurodegenerativas.

Se especializó en Álgebra y sus representaciones, centrándose su trabajo en la teoría de representaciones de álgebras, clasificó álgebras "mansas"; Teoría espectral de gráficas, así como Química Matemática dando pie a investigaciones sobre el mal pleo-gamiento de proteínas y enfermedades neurodegenerativas.

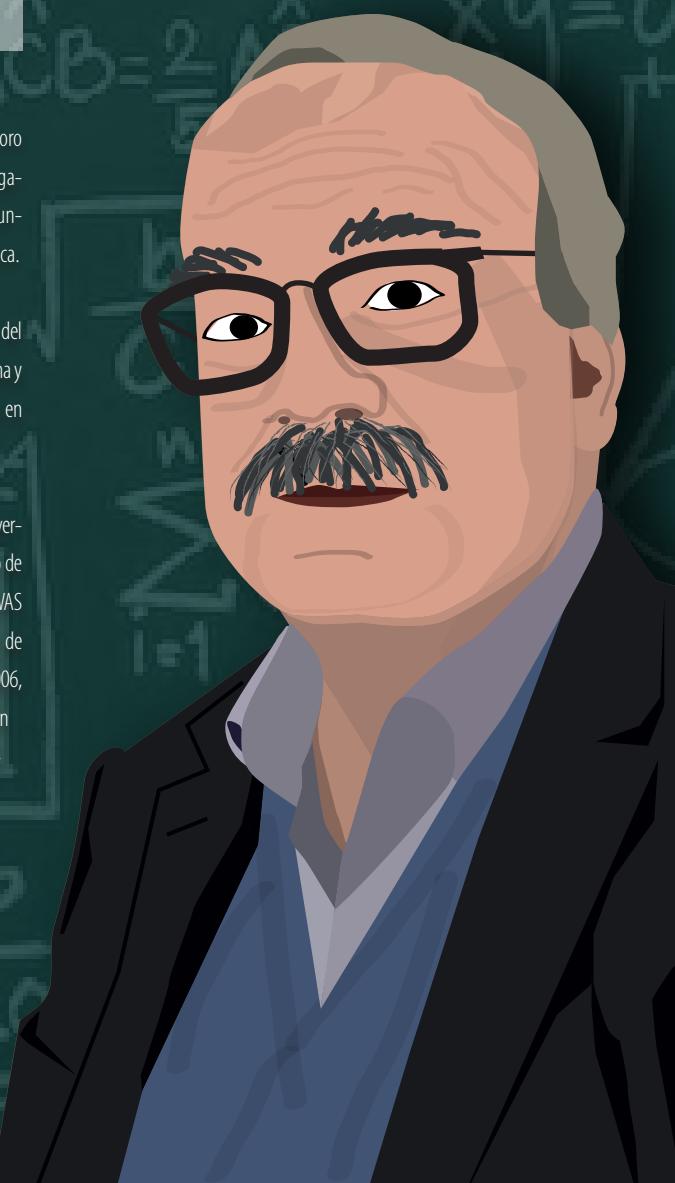
Durante su trayectoria ha ocupado puestos clave, tales como director del Instituto de Matemáticas de la UNAM, presidente de la Sociedad Matemática Mexicana y de la

Academia Mexicana de Ciencias y coordinador del Foro Consultivo Científico y Tecnológico. En materia de divulgación, ha dirigido la Sala de Matemáticas Universum, aunque también ha escrito libros sobre divulgación científica.

A nivel internacional ha sido distinguido con la presidencia del Consejo Ejecutivo de la Unión Matemática de América Latina y el Caribe (2001-2008) y miembro del Comité para Países en Desarrollo de la Unión Matemática Internacional.

En materia de distinciones, recibió el Reconocimiento Universidad Nacional para Jóvenes Académicos en 1997; Premio de la Academia de Investigación Científica 1994; Premio TWAS de la Academia del Tercer Mundo, 2002; Premio Nacional de Ciencias y Artes, 2005, Premio Humboldt en Alemania, 2006, Premio Universidad Nacional 2012, en Investigación en Ciencias Exactas, 2012; doctor Honoris Causa por la Universidad Nacional Autónoma de México, 2019.

Uno de los sueños de José Antonio Stephan de la Peña, mismo que dejó plasmado en su discurso "Estructura y forma en la naturaleza", cuando ingresó a El Colegio Nacional el 24 de marzo de 2017, quedó resumido en la siguiente frase "Mi sueño es que las matemáticas marquen el rumbo del cambio educativo en el país". **UP**





# ¿Por qué seguimos leyendo Narnia?

ANGÉLICA CECILIA MORÁN LÓPEZ

[cecilia.moran0603@gmail.com](mailto:cecilia.moran0603@gmail.com)

El león, la bruja y el ropero, primer volumen publicado de *Las Crónicas de Narnia* de C. S. Lewis en 1950, es una invitación a cruzar el umbral entre lo cotidiano y lo maravilloso. A través de un sencillo ropero, cuatro hermanos (Peter, Susan, Edmund y Lucy) descubren un mundo cubierto por un invierno eterno, gobernado por una bruja que ha hecho del miedo su forma de poder.

A medida que los hermanos se internan en *Narnia*, conocen criaturas fantásticas, como faunos y castores parlantes, que les revelan una antigua profecía: la llegada de dos hijos de Adán y dos hijas de Eva marcarán el fin del reinado de la bruja.

Uno de los ejes más relevantes de la historia es el conflicto de Edmund. A diferencia de sus hermanos, él cede a la tentación de la bruja, movido por el deseo de sentirse importante y reconocido. Su traición no responde a una maldad innata, sino a una debilidad humana fácilmente identificable. Este arco narrativo convierte a Edmund en uno de los personajes más complejos del libro.

Lewis construye Narnia como un territorio donde la magia convive con profundas reflexiones. La presencia de Aslan, el león, otorga a la historia una dimensión simbólica que va más allá del cuento fantástico: representa la esperanza, la justicia y la posibilidad de volver a empezar incluso después del error.

La novela destaca por su lenguaje claro y evocador, perfecto para primeros lectores o una lectura ligera. Cada personaje enfrenta pruebas que revelan sus debilidades y fortalezas, recordándonos que crecer implica tomar decisiones difíciles y asumir sus consecuencias.

Seguimos leyendo *Narnia* más de setenta años después de su publicación original porque, detrás de su apariencia de relato fantástico, plantea conflictos y preguntas que no envejecen. Un factor clave es el simbolismo flexible que ofrecen las novelas. La figura de Aslan puede leerse desde una perspectiva religiosa, ética o simplemente narrativa. Lewis construyó una alegoría lo suficientemente abierta para permitir múltiples interpretaciones, lo que mantiene viva la discusión en contextos culturales distintos y evita que la obra quede anclada a una sola lectura.

*Las Crónicas de Narnia* pertenece a un clásico cultural porque logra conjugar imaginación y reflexión sin sacrificar ninguna de las dos. Un relato que, bajo la apariencia de una novela infantil, invita a los lectores de todas las edades a cuestionar sus propias elecciones y a creer que, incluso en el invierno más largo, la primavera puede regresar. ■