



# Avances y aplicaciones de las enzimas, modelos biológicos y matemáticos en la Colección de Esmos 2023

Yolanda Elizabeth Morales-García<sup>1,2</sup> **iD**, Verónica Quintero-Hernández<sup>1,3</sup> **iD**, Jair de Jesús Pineda-Pineda<sup>1</sup> **iD**, América Paulina Rivera-Urbalejo<sup>1,4\*</sup> **iD**, Jesús Muñoz-Rojas<sup>1\*\*</sup> **iD**

<sup>1</sup>Grupo “Ecology and Survival of Microorganisms”, Laboratorio de Ecología Molecular Microbiana, Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla (BUAP), México. <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México. <sup>3</sup>Investigadora por México de CONAHCyT, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México. <sup>4</sup>Facultad de Estomatología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.

Email autores para correspondencia: \*[america.rivera@correo.buap.mx](mailto:america.rivera@correo.buap.mx);  
\*\*[jesus.munoz@correo.buap.mx](mailto:jesus.munoz@correo.buap.mx)

11 de enero de 2025

DOI: <http://doi.org/10.5281/zenodo.14633390>

**Editado y revisado por:** Alma Rosa Netzahuatl-Muñoz (PTC del programa académico de Ingeniería en Biotecnología, Universidad Politécnica de Tlaxcala, Colonia San Pedro Xalcaltzinco, Tepeyanco, Tlaxcala, México).

Colección de ESMOS



## Resumen

La "Colección de Esmos 2023" ha sido una recopilación excepcional de trabajos dedicados a explorar y explicar diversos aspectos de las enzimas y su impacto en la biotecnología, la salud humana, y el medio ambiente. Desde la NADPH oxidasa hasta los miRNAs como biomarcadores, estos trabajos abarcan una amplia gama de aplicaciones e implicaciones para la investigación y la sociedad en general. Sin embargo, otro tipo de trabajos también se publicaron en la plataforma para su divulgación científica, como por ejemplo modelos biológicos y matemáticos. Este manuscrito editorial destaca la relevancia de estos conocimientos para estudiantes, investigadores y el público en general.

**Palabras clave:** ESMOS; divulgación científica; charlas; infografías; enzimas.

## Abstract

The "Esmos 2023 Collection" has been an exceptional compilation of works dedicated to exploring and explaining various aspects of enzymes and their impact on biotechnology, human health, and the environment. From NADPH oxidase to miRNAs as biomarkers, these studies cover a wide range of applications and implications for research and society at large. However, other types of works were also published on the platform for scientific dissemination, such as biological and mathematical models. This editorial manuscript highlights the relevance of this knowledge for students, researchers, and the general public.

**Keywords:** ESMOS; scientific dissemination; talks; infographics; enzymes.

## Introducción

El año 2023 ha sido testigo de un progreso notable en la comprensión y aplicación de las enzimas en diversas disciplinas científicas. La Colección de Esmos de este año ha reunido una serie de trabajos que destacan la importancia de estas moléculas biológicas en la biotecnología, la salud humana y la conservación del medio ambiente. Las publicaciones abarcan



desde el trabajo designado como Esmos 34 [1], hasta el que fue catalogado como Esmos 64 [2]. Los temas comprenden a las enzimas implicadas en la degradación de carbohidratos [3] hasta aquellas esenciales en la replicación y reparación del ADN [4], cada infografía y ponencia ofrece una visión de cómo estas moléculas trabajan y cómo pueden ser aplicadas para resolver problemas complejos en la actualidad. Pero también se muestran trabajos que destacan avances en otros modelos biológicos e incluso matemáticos [2, 5].

La divulgación científica es un pilar muy importante para el desarrollo de la sociedad [6-8], por lo que estamos convencidos de que este el camino para fortalecer las ideas innovadoras que serán aplicadas para el bien de la humanidad y el ambiente en un futuro cercano [9].

## Contenido

La Colección de Esmos 2023 se caracteriza por la diversidad y profundidad de temas cubiertos, cada uno presentado de manera accesible a través de infografías, ponencias o manuscritos. Los trabajos publicados se resumen a continuación:

### 1) Complejo Enzimático: NADPH oxidasa

Autor: Nahomy Lazcano González

Tipo de trabajo: Infografía

El sistema NADPH oxidasa (NOX) es un complejo multi-proteico que produce especies reactivas del oxígeno (ERO) en diversas células y tejidos, importante en neutrófilos y macrófagos para destruir microorganismos patógenos. Este complejo enzimático, localizado en la membrana celular y gránulos secundarios de fagocitos, incluye proteínas como gp91phox (NOX2) y p22phox. Diversas isoformas de NOX se encuentran en tejidos específicos, como NOX1 en el colon y NOX4 en riñones. Las alteraciones en estas enzimas pueden causar enfermedades como la enfermedad granulomatosa crónica (EGC), una inmunodeficiencia que provoca infecciones crónicas debido a defectos genéticos en las subunidades proteicas del complejo NOX [1].



## 2) Importancia y aplicaciones de la enzima $\beta$ -glucosidasa: “El Pacman biotecnológico”

Autor: Axel Imanol Díaz Romero

Tipo de trabajo: Infografía

Las enzimas son proteínas que catalizan reacciones químicas en seres vivos, aumentando significativamente la velocidad de estas reacciones sin consumirse. Las  $\beta$ -D-glucósido glucohidrolasas (EC 3.2.1.21), pertenecientes a las  $\beta$ -glucanasas, actúan sobre enlaces glucosídicos  $\beta$  (1-4) en oligosacáridos, facilitando la degradación de carbohidratos [10]. Estas enzimas, aisladas de bacterias, insectos, plantas y hongos, son valiosas en biotecnología por sus aplicaciones industriales. Las  $\beta$ -glucosidasas hidrolizan oligosacáridos produciendo glucosa, crucial para la producción de bioetanol y la industria vinícola. Además, tienen actividad antioxidante, antiviral y anticancerígena, y son fundamentales en la bioconversión de biomasa y la prevención de enfermedades relacionadas con el colesterol.

## 3) Fosfatasa alcalina

Autor: Verónica González Luna

Tipo de trabajo: infografía

La fosfatasa alcalina es una enzima homodimérica con dos monómeros idénticos, cada uno con cinco residuos de cisteína, dos átomos de zinc y un átomo de magnesio. Presente en diversos organismos, incluidos hongos y plantas, su concentración varía según las condiciones del sistema. En bacterias Gram-negativas como *E. coli*, se localiza en el espacio periplásmico y es termoestable con actividad máxima a pH alcalino. En humanos, juega un papel importante en el metabolismo del hígado y el desarrollo del esqueleto. Además, interviene en la calcificación ósea, síntesis de ADN y ARN, y se utiliza para indicar la pasteurización exitosa en la industria láctea [11].



## 4) ADN Helicasa

Autor: Jorge Joani Gómez Arcos

Tipo de trabajo: infografía

La obra aborda el tema de las "ADN Helicasas", enzimas cruciales en la replicación, reparación, recombinación del ADN y transcripción del ARN. Se explica que estas enzimas desenrollan el ADN de doble cadena en simples, usando ATP para romper los enlaces. La historia de su investigación comenzó en 1976 y el término "helicasa" se acuñó en 1978. Se destaca la importancia de estas enzimas y se menciona que para 2011, se habían identificado 31 helicasas codificadas por el genoma humano. Mutaciones en helicasas pueden causar trastornos genéticos relacionados con el cáncer, como el síndrome de Bloom y el síndrome de Werner [4].

## 5) Cáncer oral y genes que nos protegen de él

Autor: Raul Arciniega Escorcía

Tipo de trabajo: infografía

El cáncer oral representa del 2% al 4% de los casos de cáncer a nivel mundial y se diagnostican más de 5,000 casos anuales. Este tumor se desarrolla en labios, lengua, piso de la boca, encías o paladar y se debe a cambios irreversibles en las células escamosas. Los factores de riesgo incluyen tabaco, alcohol, genética, infecciones y exposición a radiación. Los síntomas suelen ser áreas rojas, úlceras o zonas granulares, pero al ser indoloro, se diagnostica tarde, con una supervivencia del 25%. La prevención y el diagnóstico temprano, junto con una buena alimentación, mejoran las probabilidades de éxito en el tratamiento [12].

## 6) Infografía sobre la $\alpha$ -Galactosidasa A

Autor: Carlos Antonio Hernández Rivas

Tipo de trabajo: infografía



La  $\alpha$ -Galactosidasa A es una enzima lisosomal que hidroliza enlaces galactosídicos en glicolípidos, degradando globotriaosilceramida para reciclar eritrocitos viejos. Codificada por el gen *GLA* en el cromosoma X, está compuesta por dos cadenas de aminoácidos con estructuras alfa-hélice y beta-lámina. Mutaciones en *GLA* causan la enfermedad de Fabry, un desorden recesivo ligado al cromosoma X que provoca depósitos de glicoesfingolípidos, afectando corazón, riñones y cerebro. Dentro de las aplicaciones biotecnológicas se incluyen la eliminación de oligosacáridos en alimentos, procesamiento de biomasas y tratamientos biomédicos para la enfermedad de Fabry, conversión sanguínea y xenotrasplantes [13].

## 7) Conociendo la Enzima Sacarasa EC.3.2.1.26

Autor: Samantha Gigdém Narváez Osorio

Tipo de trabajo: infografía

La sacarasa, también conocida como invertasa (EC.3.2.1.26), es una enzima digestiva que cataliza la hidrólisis de la sacarosa en glucosa y fructosa. Encontrada en la levadura y la mucosa intestinal, fue descubierta en 1860 en *Saccharomyces cerevisiae*. La sacarasa es esencial en el transporte y almacenamiento de plantas, el metabolismo de carbohidratos, la regulación osmótica, el crecimiento y la transducción de señales. Clasificada por su localización subcelular y pH, es utilizada comercialmente para producir jarabe invertido, mejorando la dulzura, sabor y color de los alimentos, y evitando la cristalización de la sacarosa [3].

## 8) Dimetilsulfóxido reductasa (DMSOR)

Autor: Miriam Yessenia Luna-Méndez

Tipo de trabajo: infografía

La DMSOR, una enzima con un ión de molibdeno en su sitio activo, reduce dimetilsulfóxido (DMSO) a dimetilsulfuro (DMS), donde el oxígeno del DMSO se mueve hacia el molibdeno y se reduce a agua.



Encontrada en bacterias y arqueas, DMSOR degrada oxoaniones y cataliza la transferencia de electrones y oxígeno. Esta enzima es crucial en los ciclos de carbono, azufre y nitrógeno. En el ciclo del azufre, DMSO se oxida a metanosulfonatos, aumentando el albedo terrestre y ayudando en la regulación climática [14].

## 9) Taq polimerasa: historia, características y aplicaciones

Autor: Francisco Germán Tapia Clemente

Tipo de trabajo: infografía

En 1968, Thomas D. Brock y Hudson Freeze descubrieron *Thermus aquaticus*, una bacteria que produce la enzima Taq polimerasa, en los géiseres de Yellowstone. La PCR, desarrollada en 1983 y presentada en 1985 por Kary Mullis, revolucionó la biología molecular. La Taq polimerasa, utilizada desde 1988 en la PCR por su termoestabilidad, permite replicar ADN a 72 °C. Esta enzima extrema es vital para la PCR, una técnica clave en diversas áreas, incluyendo la detección del SARS-CoV-2. La Taq polimerasa también se usa en la producción de insulina [15].

## 10) Glucosa-isomerasa (EC 5.3.1.5)

Autor: Mariana Mendoza Badillo

Tipo de trabajo: infografía

La glucosa-isomerasa (EC 5.3.1.5), también conocida como xilosa-isomerasa, cataliza la isomerización de D-glucosa a D-fructosa y de D-xilosa a D-xilulosa. Es una metaloenzima microbiana de microorganismos como *Streptomyces* y *Bacillus*. Utilizada en la industria alimentaria desde los años 60, su capacidad de convertir glucosa en fructosa se aprovecha en la producción de jarabe de maíz de alta fructosa (JMAF), un edulcorante más dulce que la sacarosa. Es termoestable, no requiere cofactores costosos y su inmovilización aumenta su productividad,



siendo esencial en la producción de alimentos y bioconversión de biomasa a etanol [16].

## 11) $\beta$ -glucuronidasa

Autor: Hannia Josselín Hernández-Biviano

Tipo de trabajo: infografía

La  $\beta$ -glucuronidasa es una enzima glicosil hidrolasa que cataliza la descomposición de carbohidratos complejos, convirtiendo glucósidos en agliconas mediante la hidrólisis de O- o S-glucosídicos. Codificada por el gen *uidA* en bacterias y presente en varios tejidos de animales y plantas, esta enzima se localiza en el retículo endoplásmico y lisosomas. Desempeña funciones en la desintoxicación de metabolitos y posee acciones anticoagulantes y reductoras de lipemia in vitro. Es un indicador de diversas enfermedades, incluyendo cáncer de colon y tumores malignos. Inhibidores incluyen sacarato y ácido glucárico, mientras activadores son la albumina y el DNA [17].

## 12) ¿Lucha de bacterias?

Autor: Estephanie Elizabeth Luna-Pérez

Tipo de trabajo: infografía

Las bacterias compiten activamente por nutrientes en sus entornos, desarrollando mecanismos como la antibiosis para inhibir microorganismos competidores. Este proceso implica la síntesis de compuestos antimicrobianos, utilizados por los humanos para crear antibióticos y biocontroladores agrícolas. Las bacterias promotoras del crecimiento vegetal producen metabolitos que previenen enfermedades en plantas. En la industria alimentaria, las bacterias ácido lácticas y sus bacteriocinas son clave para la bioconservación, evitando la contaminación de alimentos. Aunque se han descubierto muchas aplicaciones, queda mucho por explorar debido a la vasta diversidad microbiana aún no investigada [18].





### 13) Matamaleza en México: Glifosato

Autores: Carlos Eduardo Garrido Daza, Manuel Alejandro Galindo Rodríguez, Melina Maritere Rojas Montalvo, Mariana Hernández Ugarte, Zianya López Contreras

Tipo de trabajo: infografía

Se han desarrollado pesticidas, como el glifosato, para controlar plagas en agricultura. Este herbicida, ampliamente utilizado a nivel mundial, es efectivo, pero presenta riesgos significativos para la salud humana y el medio ambiente. Se asocia con cáncer, problemas reproductivos, neurotoxicidad y daño en el ADN. El glifosato contamina alimentos, suelos y aguas, afectando especialmente a poblaciones rurales y urbanas, como en México. Además, altera comunidades microbianas, reduce la calidad del suelo y afecta a diversos organismos acuáticos. Su impacto incluye la inhibición de enzimas antioxidantes en las plantas y efectos negativos en la expresión genética y la salud humana [19].

### 14) Un vistazo a los marcadores biológicos

Autor: Ana Carolina Robles Ramos

Tipo de trabajo: infografía

Se han desarrollado biomarcadores, como los microARN circulantes, que son herramientas clave para la detección temprana de enfermedades. Estos marcadores biológicos son medidas cuantificables que indican procesos normales, patológicos o respuestas farmacológicas en células u organismos. Históricamente, el primer bioindicador fue el nitrógeno urinario, utilizado desde 1980 para medir la ingesta de proteínas. Los biomarcadores deben ser no invasivos, específicos, sensibles, estables, predictivos y clínicamente relevantes. Clasificados por exposición, efecto y susceptibilidad, estos sistemas permiten estudios más eficientes y seguros, reducen la exposición de pacientes a tratamientos innecesarios y aceleran el diagnóstico de enfermedades [20].



## 15) Microplásticos ¿de dónde vienen y a dónde van?

Autores: Luz Ángela Martínez Mireles, Rosario Cirilo Postrero, Fernanda Roano Vázquez, Mariam Gasga Tehuintle, Isabel Figueroa Román

Tipo de trabajo: infografía

Los microplásticos son partículas plásticas pequeñas, menores de 5 mm, originadas por la degradación de plásticos como polietileno y polipropileno. Se clasifican en primarios, fabricados intencionalmente en productos como cosméticos, y secundarios, formados por la degradación química y física de plásticos mayores. Estos contaminantes se encuentran en diversas formas (esferas, fibras, fragmentos) y se distribuyen en la atmósfera, cuerpos de agua y suelos. Los estudios destacan su dispersión global desde áreas urbanas a lugares remotos, afectando ecosistemas acuáticos y terrestres. Los microplásticos pueden transportar sustancias químicas dañinas, amenazando la salud ambiental y humana durante su descomposición [21].

## 16) Una generalización de los autómatas celulares

Autor: Alonso Castillo Ramírez

Tipo de trabajo: Ponencia

Un autómata celular sobre un conjunto  $A$  y un grupo  $G$  es una función que transforma cada configuración de  $A$  de acuerdo a reglas locales y un conjunto de memoria finito. Se generaliza considerando autómatas celulares  $\phi$  parametrizados, donde  $\phi$  es un homomorfismo de grupos que conecta  $G$  y otro grupo  $H$ . Esta generalización permite recuperar la definición clásica al tomar  $G = H$  y  $\phi$  como la identidad. Se demostraron teoremas importantes como la continuidad y la  $\phi$  equivarianza, composición de autómatas celulares, y la invertibilidad, que describe condiciones para que un autómata sea biyectivo mediante homomorfismos de grupos inversos [22].



## 17) Hongos de Sigatoka y sus posibles antagonistas: Un estudio preliminar

Autores: Julieta Mariana Muñoz-Morales, Fernanda Galindo-Hernández, Grecia Cid-Arriaga, Estephanie Elizabeth Luna-Pérez

Tipo de trabajo: presentación

El complejo Sigatoka afecta el rendimiento del plátano, reduciendo la eficiencia fotosintética y causando madurez prematura del fruto. Dado que el plátano es relevante económicamente y puede sufrir pérdidas significativas, es esencial desarrollar alternativas para controlar estas enfermedades y aumentar la producción. Una estrategia prometedora es investigar bacterias antagonistas que inhiban patógenos. Este estudio preliminar busca identificar bacterias beneficiosas capaces de realizar antibiosis contra los patógenos del complejo Sigatoka, con miras a su potencial aplicación como agentes de biocontrol [23].

## 18) Uso de PBM (Plant Beneficial Microorganisms), una alternativa para la agricultura

Autor: Alejandra Bernabé Allende

Tipo de trabajo: Ponencia

La agricultura moderna depende de pesticidas y fertilizantes químicos para aumentar la producción, pero estos afectan el medio ambiente y la calidad de los alimentos. Una alternativa más sostenible es el uso de microorganismos benéficos en el recubrimiento de semillas. Estos microorganismos promueven el crecimiento de las plantas al producir fitohormonas, combatir patógenos, y mejorar la disponibilidad de nutrientes. El recubrimiento facilita la siembra y permite que los microorganismos beneficien directamente a la planta, fortaleciéndola contra plagas, enfermedades y condiciones adversas como sequías y salinidad [5].



## 19) La psicobiota y la neurodegeneración

Autor: Gadriana Scarlett Martínez Gómez

Tipo de trabajo: Artículo de opinión

La psicobiota se refiere a microorganismos intestinales que influyen en la salud mental y física. Su composición es afectada por la dieta, antibióticos y estrés, afectando la salud cerebral y neurodegeneración. El uso frecuente de drogas entre jóvenes puede deteriorar las capacidades cognitivas y alterar las vías cerebrales, asociándose con neurodegeneración. Aunque no hay evidencia sobre el uso de psicobióticos para tratar estos trastornos, se sabe que pueden mejorar el humor y apoyar el sistema nervioso. Esto representa un avance significativo en el uso de suplementos para el bienestar mental y el funcionamiento cerebral normal [24].

## 20) Semillas encapsuladas en algas marinas, una nueva forma de agricultura sostenible

Autor: Amanda Denisse Nicanor Barbosa

Tipo de trabajo: Ponencia

Las prácticas agrícolas modernas dependen de fertilizantes y pesticidas sintéticos, con efectos adversos en la calidad ambiental y el equilibrio biológico del suelo. Investigaciones recientes exploran el potencial de microalgas y cianobacterias, como *Spirulina* y *Sargassum*, como biofertilizantes y bioestimulantes naturales. Estos organismos no solo enriquecen el suelo con nutrientes esenciales, sino que también mejoran la productividad agrícola al promover el crecimiento vegetal con hormonas y metabolitos beneficiosos. Este enfoque innovador puede ofrecer alternativas sostenibles para regiones con escasez de agua, transformando la agricultura hacia prácticas más amigables con el medio ambiente [25].



## 21) La resistencia de *Hemileia vastatrix* y su impacto en la caficultura mexicana

Autor: Itzel Reyes Iturbide

Tipo de trabajo: Ponencia

El café es crucial para la economía de México, con más de 500 mil productores en 15 estados. Chiapas lidera la producción nacional con el 41%, seguido por Veracruz (24%) y Puebla (15.3%). Sin embargo, enfrenta desafíos como la broca y la roya del cafeto, especialmente virulenta debido a su alta variabilidad genética. Variedades como Catimor y Sarchimor son resistentes, pero la virulencia de *H. vastatrix* ha evolucionado. La roya afecta el llenado y maduración de frutos, causando pérdidas económicas significativas, aunque México ha evitado daños devastadores comparado con otros países. La sostenibilidad requiere manejo integrado de plagas y apoyo gubernamental continuo [26].

## 22) Reseña sobre el artículo “Funciones de la microbiota del aparato reproductor femenino en la salud ginecológica y reproductiva”

Autor: Itzel Reyes Iturbide

Tipo de trabajo: Artículo de reseña

El tracto reproductivo femenino incluye la vagina, cuello uterino, útero, trompas de Falopio y ovarios, con el cuello uterino conectando el tracto superior con la vagina. Estudios sugieren un vínculo genético entre antecedentes genéticos y taxones bacterianos específicos, influenciados por la etnicidad. *Lactobacillus* spp. predominan en el microbioma vaginal, reduciendo la susceptibilidad a infecciones como el VIH. Infecciones intrauterinas podrían activar el sistema inmunitario innato, aumentando el riesgo de parto prematuro. Un cuello uterino corto también lo incrementa, facilitando la ascensión de microbios. Este estudio subraya la importancia de entender cómo el microbioma afecta el embarazo y cómo prevenir complicaciones [27].



## 23) Pequeñas partículas, grandes problemas: el impacto contaminante de los nanomateriales

Autores: Claudia V. Flores Estrada, Diana Zuilem González Muñoz, Emily Medina Márquez, Edgar A. Olvera Sandoval, Sofía I. Vázquez Martínez

Tipo de trabajo: infografía

Los nanomateriales, estructuras menores a 100 nanómetros, poseen propiedades únicas aplicables en electrónica, medicina, energía y construcción. Sin embargo, algunos son tóxicos con impactos negativos en salud y ambiente. Factores como la exposición, vías de entrada y métodos de liberación (directa, indirecta, accidental) afectan su dispersión en ecosistemas. Ejemplos incluyen dióxido de silicio, nanotubos de carbono y nanopartículas metálicas, que pueden causar desde alteraciones cardiovasculares hasta acumulación en órganos. La regulación es importante para mitigar riesgos; mientras aumenta la normativa global, es vital desarrollar prácticas seguras para producción, uso y disposición de nanomateriales, sin frenar su avance científico [28].

## 24) Biocarbón producido a partir de orujo de uva, ¿una alternativa viable como biofertilizante?

Autor: Amanda Denisse Nicanor Barbosa

Tipo de trabajo: Ponencia

Debido al aumento de la producción de alimentos, se genera un significativo desperdicio, especialmente en el procesamiento de frutas y hortalizas. Los residuos, como el orujo de uva, rico en fenoles, vitamina E y ácidos grasos poliinsaturados, se pueden convertir en biocombustibles, alimentos para animales y fertilizantes. Estudios como "Production of a biofertilizer from exhausted grape waste" exploran su potencial como biocarbón para mejorar el crecimiento de las plantas. Esta tecnología verde no solo es económica y sostenible, sino que también promueve un ciclo más eficiente de recursos agrícolas, reduciendo la dependencia de fertilizantes sintéticos y mejorando la salud del suelo a largo plazo [29].



## 25) El ARN que podría salvar vidas

Autor: Ana Carolina Robles Ramos

Tipo de trabajo: Ponencia

El cáncer es una de las enfermedades más mortales, y el cáncer de pulmón representa el 15% de los nuevos diagnósticos, con una supervivencia a 5 años inferior al 15%, siendo el tabaquismo su principal factor de riesgo. Los tumores de pulmón se dividen en células pequeñas y no pequeñas (CPCNP), incluyendo el carcinoma de células escamosas y el adenocarcinoma. Los miRNA, ARN pequeños reguladores no codificantes, son cruciales como biomarcadores para nuevas terapias debido a su capacidad de silenciar o degradar el ARN-mensajero. Este estudio identifica 13 miRNAs diferencialmente expresados como posibles biomarcadores para el cáncer de pulmón, destacando la necesidad de investigar fluidos extracelulares para diagnósticos menos invasivos [30].

## 26) Metabolitos producidos por el hongo *Fusarium solani*

Autor: Grisel Ruiz Andrade

Tipo de trabajo: infografía

El género *Fusarium* es uno de los más abundantes entre los endófitos fúngicos, con alrededor de 70 especies genéticamente diversas que crecen en diversos sustratos. *Fusarium* produce una amplia variedad de metabolitos secundarios con actividades farmacológicas, incluyendo antimicrobianas, antivirales, anticancerígenas y antioxidantes. *F. solani* es una fuente importante de compuestos bioactivos como taxol y vitexina, utilizados en tratamientos médicos. Además, se han aislado siete metabolitos secundarios de *F. solani*, entre ellos naftoquinonas con actividades neuroprotectoras y antibacterianas significativas. Estos hallazgos subrayan el potencial de *Fusarium* en la producción de compuestos antimicrobianos y su aplicación en la agricultura para reducir el uso de agroquímicos [31].



## 27) Expresión heteróloga de la versión trunca de enzima convertidora de angiotensina 2 (ACE2)

Autores: Guillermo Almanza Rodríguez, Domingo Ezequiel Tobón Pérez

Tipo de trabajo: Informe académico

En el presente reporte se describe el procedimiento de expresión y purificación de una versión truncada del receptor ACE2, producida de manera recombinante en células *E. coli*. Se generó la construcción pET28b(+)-tACE2 al insertar una porción del gen del receptor ACE2 en el plásmido pET-28b(+), y posteriormente se clonó este vector en células *E. coli* DH5 $\alpha$ . La expresión de la proteína tACE2 se realizó en células *E. coli* BL21-CodonPlus (DE3). Posteriormente, se emplearon técnicas de desnaturalización con urea y cromatografía de columna de afinidad con resina de níquel, seguidas de técnicas de diálisis para el repliegamiento de la versión truncada del ACE2 (tACE2) [32].

## 28) La multirresistencia a antibióticos en *Escherichia coli* asociada a la industria porcícola

Autor: Javier Rubén Miranda-Valdés

Tipo de trabajo: Ponencia

La resistencia y multirresistencia a antibióticos en bacterias, como *Escherichia coli*, es preocupante y vinculada a la actividad ganadera. Estas bacterias pueden causar enfermedades graves, especialmente en infantes y gerontes en países en desarrollo. La transmisión puede ocurrir a través de alimentos mal cocidos, contacto directo con animales o agua contaminada. Dado que el cerdo es ampliamente consumido, es fundamental estudiar genéticamente la resistencia bacteriana mediante técnicas como análisis bioinformáticos y secuenciación dirigida. Este enfoque permite identificar y monitorear genes de resistencia, promoviendo prácticas agrícolas más seguras y reduciendo riesgos para la salud pública [33].





## 29) *Bacillus* spp. en la protección de plantas contra el estrés ambiental

Autor: Rocio Mora-Antonio

Tipo de trabajo: infografía

Las bacterias del género *Bacillus*, como *B. azotofixans*, *B. subtilis* y *B. velezensis*, actúan como promotoras del crecimiento de las plantas, proporcionando protección contra el estrés ambiental y estimulando su desarrollo. Los factores de estrés pueden ser bióticos, como insectos y patógenos, o abióticos, como cambios ambientales o nutricionales, que afectan el rendimiento y la salud de las plantas. *Bacillus* spp. emplea diversos mecanismos para mitigar estos estresores, lo que ayuda a reducir las deficiencias en el rendimiento y protege contra daños a los cultivos, destacando su papel crucial en la agricultura sostenible y la seguridad alimentaria [34].

## 30) *Pseudomonas* sp. UW4 protege a las plantas de jitomate frente a estrés salino

Autor: Alejandra Bernabé-Allende

Tipo de trabajo: Ponencia

Las bacterias benéficas para el crecimiento de las plantas (PGPB) mejoran la productividad agrícola bajo estrés. Las sales solubles reducen la fertilidad del suelo, provocando estrés osmótico y afectando la homeostasis iónica y hormonal de las plantas. Las PGPB, como *Pseudomonas* sp. UW4, utilizan la ACC desaminasa para reducir el etileno, mitigando así el estrés. Además, producen trehalosa, un disacárido que actúa como señalizador y protector contra la sequía y la salinidad. Estudios muestran que la sobreproducción de trehalosa por *Pseudomonas* sp. UW4 protege eficazmente a las plantas de tomate del estrés salino, resaltando la importancia de estos mecanismos en la agricultura sostenible [35].



## 31) Definición de función continua, su contraria y su inversa. Ejemplos y contraejemplos

Noé Miranda Valle

Tipo de trabajo: Ponencia

La enseñanza de la matemática tiene cinco situaciones, que se manifiestan regularmente en cada momento del proceso de enseñanza, las cuales son: La formación de conceptos y sus definiciones, formulación de juicios y sus validaciones, elaboración de representaciones gráficas, elaboración de sucesiones de indicación con carácter algorítmico y, planteamiento y solución de problemas. Para afianzar y profundizar el conocimiento sobre un concepto matemático se puede realizar la búsqueda de la contraria e inversa de su definición dada, lo cual permite buscar ejemplos o contraejemplos mismos que enfrentan a nuestra intuición o creencia y a nuestras interpretaciones preestablecidas o conocimientos anteriores. Aquí se muestra un ejemplo sobre el concepto de función continua [2].

## Análisis breve de los trabajos publicados en la Colección de ESMOS

Se publicaron un total de 31 trabajos de divulgación en la colección de ESMOS, de los cuales podemos dividirlos en 4 tipos de trabajo: 18 correspondieron a infografías, 9 fueron ponencias, 3 publicaciones se clasificaron como manuscritos y una fue una presentación de resultados originales (Tabla 1). El tema de enzimas en forma de infografías fue el más publicado, con 10 trabajos en total, los modelos matemáticos/ponencia, la agricultura/ponencia y la microbiota/manuscrito fueron temas en los que se observaron 2 trabajos publicados y los demás temas/tipo de trabajo fueron únicos. Enfocándonos solo a la temática, 10 trabajos correspondieron a enzimas, 6 trabajos se relacionaron con la agricultura, 3 con antagonismo microbiano, 3 a medio ambiente, 2 a cáncer, 2 a modelos matemáticos, 2 a microbiota, 1 a marcadores biológicos, 1 a resistencia a antibióticos y 1 a biología molecular. La mayoría de los temas corresponden al área Químico-Biológica, algunos del área de agrobiotecnología, área de salud y solo dos del área de matemáticas.



La mayoría de los autores que publican en la colección de ESMOS es de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por lo que tenemos que hacer una mayor difusión con otras instituciones.

## Conclusión

La Colección de Esmos 2023 no solo ha resaltado la importancia de las enzimas en la biotecnología y la salud humana, sino que también ha subrayado su papel en la conservación del medio ambiente y la agricultura sostenible. Cada ponencia, infografía o manuscrito ha proporcionado una visión única de cómo estas moléculas biológicas pueden ser utilizadas para abordar desafíos globales actuales y futuros. Este compendio no solo es una valiosa herramienta educativa para estudiantes y profesionales, sino que también sirve como un llamado a la acción para continuar explorando y aprovechando el potencial de las enzimas en beneficio de la sociedad.

Las publicaciones de la Colección de ESMOS en el año 2023 ha sido diversa y enriquecedora, con un total de 31 trabajos que abarcan infografías, ponencias, manuscritos y presentaciones de resultados originales. El tema predominante fue el de enzimas, destacándose con 10 trabajos, seguido de agricultura, antagonismo microbiano, y medio ambiente con múltiples contribuciones significativas. Los modelos matemáticos, microbiota, y otros temas específicos también recibieron atención. Este análisis refleja un enfoque predominante en las ciencias Químico-Biológicas, con incursiones notables en agrobiotecnología y salud, resaltando la diversidad y el compromiso con la investigación interdisciplinaria en la plataforma ESMOS.



**Tabla 1.** Trabajos publicados en la Colección de ESMOS.

Clave Esmos	Tipo de trabajo	Temática
34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 44	Infografía	Enzimas
49, 64	Ponencia	Modelo matemático
53, 54	Ponencia	Agricultura
52, 55	Manuscrito opinión	Psicobiota/microbiota
38	Infografía	Cáncer
45	Infografía	Antagonismo microbiano
46	Infografía	Pesticidas
47	Infografía	Marcadores Biológicos
48	Infografía	Microplásticos
50	Presentación	Antagonismo microbiano
51	Ponencia	Bacterias benéficas para la agricultura
56	Infografía	Medio ambiente
57	Ponencia	Biofertilizantes
58	Ponencia	Cáncer
59	Infografía	Antimicrobianos
60	Informe académico	Biología Molecular
61	Ponencia	Resistencia a antibióticos
62	Infografía	Protección de plantas
63	Ponencia	Protección de plantas

Columna clave de Esmos: en morado se muestra el tema de enzimas (mayor número de publicaciones), fucsia muestra temas con dos trabajos publicados y rosa pálido muestra trabajos de temas únicos. Columna tipo de trabajos: las infografías se muestran en verde, las ponencias en azul, una presentación en azul más intenso y los manuscritos en color naranja. Columna de temática: en color rojo se muestran temas de cáncer, en color rosa tema de antagonismo microbiano, en azul tema de medio ambiente, en gris temas de microbiota, en verde temas de agricultura, en rosa mexicano tema de resistencia a antibióticos, en tonos amarillos temas de marcadores biológicos y biología molecular.



## Conflicto de intereses

Ninguno de los autores tiene conflicto de interés en relación con lo mostrado en este trabajo.

## Agradecimientos

Agradecemos a la VIEP BUAP por el apoyo para continuar con nuestras investigaciones. Todos los investigadores pertenecemos al Sistema Nacional de Investigadores del CONAHCyT, por lo que agradecemos a la Institución por el apoyo otorgado para hacer nuestras investigaciones. También agradecemos a la Dirección Internacionalización de la Investigación de la BUAP, quienes amablemente nos apoyan para que el conocimiento rebase las fronteras nacionales.

## Referencias

- [1]. Lazcano González N. Complejo Enzimático: NADPH oxidasa. In: Muñoz-Rojas J, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1–3. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-34>
- [2]. Miranda Valle N. Definición de función continua, su contraria y su inversa. Ejemplos y contraejemplos. In: Pineda-Pineda J de J, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1–2. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-64>
- [3]. Narváez Osorio SG. Conociendo la Enzima Sacarasa EC.3.2.1.26. In: Muñoz-Rojas J, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1–2. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-40>
- [4]. Gómez Arcos JJ. ADN Helicasa. In: Muñoz-Rojas J, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad



Autónoma de Puebla; 2023. p. 1-3. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-37>

[5]. Bernabé Allende A. Uso de PBM (Plant Beneficial Microorganisms), una alternativa para la agricultura. In: Muñoz-Rojas J, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1-3. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-51>

[6]. Bustillos-Cristales M del R, Pazos-Rojas LA, Muñoz-Rojas J, Morales-García YE. Actividades de la APCM en 2022 y visibilidad de sus conferencias; un quehacer que tiene que ser reforzado. In: Rivera-Urbalejo AP, editor. Asociación Poblana de Ciencias Microbiológicas [Internet]. Puebla, México: APCM; 2022. p. 1-14. Available from: <https://sites.google.com/view/apcmac/2022-conferencias-conferences>

[7]. Luna-Sosa B, Muñoz-Rojas J. Divulgación científica an la Asociación Poblana de Ciencias Microbiológicas (APCM) en el año 2021. In: Morales-García YE, editor. Conferencia de la Asociación Poblana de Ciencias Microbiológicas [Internet]. Puebla, México: Asociación Poblana de Ciencias Microbiológicas; 2022. p. 1-8. Available from: <https://sites.google.com/view/apcmac/conferencias-y-módulos-2021>

[8]. Chiriboga A, Yuquilema Llangoma JG. La Divulgación Científica de la Microbiología y su relación con el aprendizaje, en los estudiantes de quinto semestre escuela de ciencias especialidad Biología, Química y Laboratorio, periodo 2015. [Internet]. 2016. Available from: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/3022>

[9]. Velásquez Carrascal BL, Hoyos Patiño JF, Hernández Villamizar DA, Sayado Velasquez LN, Sayago Velásquez JE, Vargas Yuncosa JA. (Die) - Modelo Para El Diseño De Ideas De Emprendimiento. Rev Fac Ciencias Agropecu -FAGROPEC. 2020;12(1):52-64. <https://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/513/5132208007/html/>

[10]. Díaz Romero AI. Importancia y aplicaciones de la enzima  $\beta$ -glucosidasa: “El Pacman biotecnológico.” In: Muñoz-Rojas J, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1-4. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-35>



- [11]. González Luna V. Fosfatasa alcalina. In: Muñoz-Rojas J, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1–4. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-36>
- [12]. Arciniega-Escorcía R. Cáncer oral y genes que nos protegen de él. In: Rivera-Urbalejo AP, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1–3. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-38>
- [13]. Hernández Rivas CA. Infografía sobre la  $\alpha$ -Galactosidasa A. In: Muñoz-Rojas J, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1–3. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-39>
- [14]. Luna-Méndez MY. Dimetilsulfóxido reductasa (DMSOR). In: Muñoz-Rojas J, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1–3. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-41>
- [15]. Francisco Germán TC. Taq polimerasa: historia, características y aplicaciones. In: Muñoz-Rojas J, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1–4. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-42>
- [16]. Mendoza Badillo M. Glucosa-isomerasa (EC 5.3.1.5). In: Muñoz-Rojas J, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1–4. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-43>
- [17]. Hernández-Biviano HJ.  $\beta$ -glucuronidasa. In: Muñoz-Rojas J, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1–4. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-44>

[18]. Luna-Pérez EE. ¿Lucha de bacterias? In: Muñoz-Rojas J, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1-3. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-45>

[19]. Garrido Daza CE, Galindo Rodríguez MA, Rojas Montalvo MM, Hernández Ugarte M, López Contreras Z. Matamaleza en México: Glifosato. In: Muñoz-Rojas J, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1-3. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-46>

[20]. Robles Ramos AC. Un vistazo a los marcadores biológicos. In: Muñoz-Rojas J, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1-3. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-47>

[21]. Martínez Mireles LÁ, Cirilo Postrero R, Roano Vázquez F, Gasga Tehuintle M, Figueroa Román I. Microplásticos ¿de dónde vienen y a dónde van? In: Muñoz-Rojas J, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1-4. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-48>

[22]. Castillo Ramírez A. Una generalización de los autómatas celulares. In: Pineda-Pineda J de J, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1-2. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-49>

[23]. Muñoz-Morales JM, Galindo-Hernández F, Cid-Arriaga G, Luna-Pérez EE. Hongos de Sigatoka y sus posibles antagonistas: Un estudio preliminar. In: Morales-García YE, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1-4. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-50>

[24]. Martínez Gómez GS. La psicobiota y la neurodegeneración. In: Morales-García YE, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1-4.





Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-52>

[25]. Nicanor Barbosa AD. Semillas encapsuladas en algas marinas, una nueva forma de agricultura sostenible. In: Morales-García YE, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1-3. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-53>

[26]. Reyes Iturbide I. La resistencia de *Hemileia vastatrix* y su impacto en la caficultura mexicana. In: Morales-García YE, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1-4. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-54>

[27]. Reyes Iturbide I. Reseña sobre el artículo “Funciones de la microbiota del aparato reproductor femenino en la salud ginecológica y reproductiva.” In: Morales-García YE, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1-5. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-55>

[28]. Flores Estrada CV., González Muñoz DZ, Medina Márquez E, Olvera Sandoval EA, Vázquez Martínez SI. Pequeñas partículas, grandes problemas: el impacto contaminante de los nanomateriales. In: Muñoz-Rojas J, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1-3. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-56>

[29]. Nicanor Barbosa AD. Biocarbón producido a partir de orujo de uva, ¿una alternativa viable como biofertilizante? In: Muñoz-Rojas J, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1-3. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-57>

[30]. Robles Ramos AC. El ARN que podría salvar vidas. In: Muñoz-Rojas J, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1-3. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-58>



[31]. Ruiz Andrade G. Metabolitos producidos por el hongo *Fusarium solani*. In: Muñoz-Rojas J, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1–7. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-59>

[32]. Almanza Rodríguez G. Expresión heteróloga de la versión trunca de enzima convertidora de angiotensina 2 (ACE2). In: Muñoz-Rojas J, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1–40. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-60>

[33]. Miranda-Valdés JR. La multirresistencia a antibióticos en *Escherichia coli* asociada a la industria porcícola. In: Quintero-Hernández V, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1–3. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-61>

[34]. Mora-Antonio R. *Bacillus* spp. en la protección de plantas contra el estrés ambiental. In: Castañeda-Antonio MD, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1–3. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-62>

[35]. Bernabé-Allende A. *Pseudomonas* sp. UW4 protege a las plantas de jitomate frente a estrés salino. In: Morales-García YE, editor. Colección de ESMOS [Internet]. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2023. p. 1–3. Available from: <https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2023/esmos-63>