

Sapiens+

Ciencia, Tecnología e Innovación

NUESTRA COMUNIDAD CIENTÍFICA

EMILY GARCÍA MONTIEL

RUBÉN IVÁN MARÍN TINOCO

ACTIVIDADES COCYTED

SÉPTIMO CONCURSO CRECIENDO
CON CIENCIA 2025

CLAUSURA DEL VERANO
CIENTÍFICO

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

ESCURRIMIENTO FUSTAL EN
ÁRBOLES DE BOSQUES DEL
ECOSISTEMA TEMPLADO - FRÍO

USO ÉTICO DE MODELOS
ANIMALES EN INVESTIGACIÓN

USO DE LA RATA DE LABORATORIO
EN MODELOS DE DIABETES
GESTACIONAL

LOS MICROORGANISMOS COMO
BIOSENSORES DE CONTAMINANTES

EL MAÍZ EN MÉXICO. EL ATAQUE
DE PLAGAS Y TIPOS DE CONTROL



DIRECTORIO

DR. ESTEBAN ALEJANDRO VILLEGAS VILLARREAL

GOBERNADOR DEL ESTADO DE DURANGO

DR. JOSÉ GUILLERMO ADAME CALDERÓN

SECRETARIO DE EDUCACIÓN DE DURANGO

DR. JOSÉ BETANCOURT HERNÁNDEZ

DIRECTOR GENERAL DEL COCYTED

C.P. CÉSAR ERNESTO MARTÍNEZ GUERRERO

DIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN Y PLANEACIÓN DEL COCYTED

M.C. SOFÍA CARRILLO LECHUGA

DIRECTORA REGIONAL LAGUNA DEL COCYTED

DRA. BLANCA DENIS VÁZQUEZ CABRAL

JEFA DEL DEPARTAMENTO DE DESARROLLO CIENTÍFICO

M.C. FRANCISCO ZALDÍVAR ORONA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN DE CAPITAL HUMANO

M.M.E. JORGE ENRÍQUE CANTELLANO VARGAS

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN DE LA C.T.I.

COCYTED

Blvd. Guadiana No. 123 Fracc. Los Remedios C.P. 34100 Durango, Dgo.
Tels. 618-812-9238, 618-813-3528 y
618-688-5447

COCYTED LAGUNA

Universidad Politécnica de Gómez Palacio Carretera el Vergel - La Torreña Km. 0+820,
Localidad el Vergel. Gómez Palacio, Dgo.
Tel. 871-725-8601

COMITÉ EDITORIAL

RUBÉN FRANCISCO GONZÁLEZ LAREDO

PRESIDENTE DEL COMITÉ

MIEMBROS DEL COMITÉ

MARÍA DEL SOCORRO GONZÁLEZ ELIZONDO

MARIBEL CERVANTES FLORES

MARÍA DE LA LUZ SÁNCHEZ SOTO

ANA IRIS MURGUÍA HERNÁNDEZ

GERARDO DANIEL DE LEÓN MATA

JESÚS BERNARDO PÁEZ LERMA

VERÓNICA CERVANTES CARDOZA

VERÓNICA LOERA CASTAÑEDA

ITZA NALLELY CORDERO SOTO

BLANCA DENIS VÁZQUEZ CABRAL

COORDINADORA EDITORIAL DE LA REVISTA SAPIENS+

ADAN EDMUNDO MARTÍNEZ ROSAS

DISEÑO EDITORIAL

Año 6, Número 15.

Periodicidad de las publicaciones: cuatrimestral

Durango, Durango., México

Los artículos publicados en esta revista , expresan la opinión de sus autores y no representan forzosamente el punto de vista del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango (COCyTED).

Correo de contacto: sapiens.cocyted@gmail.com

Las imágenes e ilustraciones incluidas en los artículos son responsabilidad del o los autores (as).

CONTENIDO

NUESTRA COMUNIDAD CIENTÍFICA

EMILY GARCÍA MONTIEL
pág. 5

RUBÉN IVÁN MARÍN TINOCO
pág. 7

ACTIVIDADES COCYTED

SÉPTIMO CONCURSO CRECIENDO CON CIENCIA 2025
pág. 9

CLAUSURA DEL VERANO CIENTÍFICO
pág. 11

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

ESCURRIMIENTO FUSTAL EN ÁRBOLES
DE BOSQUES DEL ECOSISTEMA TEMPLADO - FRÍO
pág. 13

USO ÉTICO DE MODELOS ANIMALES EN INVESTIGACIÓN
pág. 17

USO DE LA RATA DE LABORATORIO EN MODELOS DE DIABETES
GESTACIONAL
pág. 21

LOS MICROORGANISMOS COMO BIOSENSORES DE
CONTAMINANTES
pág. 24

EL MAÍZ EN MÉXICO. EL ATAQUE DE PLAGAS Y TIPOS DE CONTROL
pág. 27

EDITORIAL

En cada edición de nuestra revista buscamos resaltar el esfuerzo, talento y compromiso de quienes forman parte de la comunidad científica, convencidos de que la ciencia es motor de transformación social y de desarrollo sostenible, en esta ocasión, abrimos nuestras páginas con un espacio dedicado a integrantes de nuestra comunidad científica, donde conoceremos más de cerca las trayectorias y aportaciones de la Dra. Emily García Montiel y el Dr. Rubén Iván Marín Tinoco, quienes representan la pasión y el esfuerzo que inspira a nuevas generaciones.

Asimismo, compartimos con orgullo las actividades del COCYTED, entre ellas el Séptimo Concurso Creciendo con Ciencia 2025 y la Clausura del Verano Científico, eventos que fortalecen la divulgación del conocimiento y despiertan vocaciones en niñas, niños y jóvenes.

Los artículos de investigación en esta edición, presentan contribuciones que abordan temas de gran relevancia para el avance del conocimiento y la innovación: desde el estudio del escurrimiento fustal en árboles de bosques del ecosistema templado-frío, hasta reflexiones sobre el uso ético de modelos animales en investigación y aplicaciones específicas como el modelo de la rata de laboratorio en la diabetes gestacional, también exploramos propuestas innovadoras como el empleo de microorganismos como biosensores de contaminantes, sin dejar de lado problemáticas esenciales para nuestro país, como el maíz en México, su vulnerabilidad frente a plagas y los diferentes tipos de control.

Con esta edición reafirmamos nuestro compromiso de ser un puente entre la ciencia y la sociedad, de compartir avances que nos invitan a reflexionar y de reconocer el esfuerzo de quienes dedican su vida a la investigación y la divulgación. La ciencia no solo responde preguntas, también abre caminos para construir un futuro más justo, consciente y sustentable.

Dr. José Betancourt Hernández
Director General del
Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango

NUESTRA COMUNIDAD CIENTÍFICA

EMILY Y GARCÍA MONTELMIEL



Emily García Montiel es licenciada en Comercio Exterior, cuenta con dos maestrías —en Negocios y en Mercadotecnia— y un doctorado en Ciencias Agropecuarias y Forestales. Sus líneas de investigación abarcan la certificación forestal, así como la sociología, economía y política forestal. Es académica adscrita a la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Juárez del Estado de Durango, donde actualmente se desempeña como directora del Centro de Negocios.

Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (Nivel I) y del Sistema Estatal de Investigadores del COCYTED. Con 13 años de trayectoria docente, ha desarrollado más de 60 productos académicos y científicos, además de contar con un producto de propiedad intelectual. Durante su trayectoria profesional y en el ámbito de la investigación, ha impulsado la colaboración tanto institucional como interinstitucional mediante la creación y organización de diversos foros de difusión enfocados en las ciencias agropecuarias y forestales.

Es una mujer inspirada y movida por una curiosidad que nunca se apaga y una convicción profunda de que el conocimiento debe servir para transformar realidades, mantiene un interés por conectar ideas la llevan a involucrarse en proyectos que no solo buscan resultados inmediatos, sino que siembren las bases de un desarrollo social sostenido. Analiza problemas desde múltiples ángulos, integra perspectivas diversas y se adentra con entusiasmo en territorios desconocidos, convencida de que las soluciones más valiosas surgen de la combinación

entre rigor científico y sensibilidad humana. Su energía y perseverancia inspiran a quienes la rodean.

Se ha motivado por la necesidad de comprender a fondo cómo funciona el mundo y el deseo de aportar soluciones concretas a los retos que enfrenta la sociedad. Desde muy joven, la asombraron los avances que la ciencia y la tecnología podían lograr cuando se aplicaban con creatividad y sentido humano.

Le motivan la posibilidad de descubrir lo que aún no se conoce, de convertir preguntas en hallazgos y de transformar esos hallazgos en mejoras tangibles para la vida de las personas. También la impulsa la certeza de que la innovación, cuando se orienta con ética y visión social, puede abrir caminos hacia un futuro más justo, sostenible y equitativo. Convencida de que en la ciencia y la tecnología se encuentran las soluciones a la mayoría de las problemáticas que aquejan al mundo. La investigación le ha brindado la satisfacción de ampliar sus horizontes más allá de lo académico, permitiéndole viajar y colaborar internacionalmente con expertos de diversas disciplinas. Estas experiencias le han dado la oportunidad de conocer de primera mano las problemáticas sociales que afectan al sector forestal en distintos contextos, entendiendo sus dimensiones económicas, ambientales y sociales.

El intercambio cultural y profesional no solo ha enriquecido su perspectiva científica, sino que también le ha permitido identificar posibles rutas de solución innovadoras y adaptadas a las realidades locales.

Para ella, cada hallazgo y cada

colaboración representan la confirmación de que la ciencia puede ser un puente entre el conocimiento y el bienestar social. Su investigación impacta de manera directa en los problemas sociales, ambientales y económicos de Durango al generar propuestas que equilibran la conservación de los recursos naturales con el bienestar de las comunidades. Dentro de algunos proyectos de investigación en los que ha participado ha destacado proponiendo acciones y programas que fomentan prácticas sostenibles.

Estos esfuerzos no solo contribuyen a preservar el patrimonio natural del estado, sino que también impulsan el desarrollo económico local mediante el fortalecimiento de las cadenas productivas y la creación de oportunidades para las familias que dependen del bosque. Su enfoque promueve un modelo de desarrollo sostenible que armoniza la protección del entorno con la mejora de la calidad de vida de las comunidades.

La Dra. García Montiel considera que es importante fortalecer la investigación en Durango mediante la creación de redes de colaboración más amplias entre universidades, centros de investigación, gobierno, comunidades y sector productivo, con el fin de alinear los esfuerzos hacia problemas prioritarios del estado. Considera esencial incrementar el financiamiento destinado a proyectos con enfoque de innovación y sostenibilidad, así como promover programas de formación y actualización que impulsen el talento joven. Además, propone fomentar la investigación aplicada que traduzca el conocimiento científico en soluciones concretas para los retos sociales, ambientales y económicos de la región, asegurando que los resultados lleguen a las comunidades y generen un impacto real y duradero.



NUESTRA COMUNIDAD CIENTÍFICA

A finales de los 90 Rubén Ivan Marín Tinoco se graduó como Técnico Laboratorista Clínico, y a principios de los 2000 realizó su licenciatura como Químico Farmacéutico Biólogo en la Universidad Juárez del estado de Durango; Obtiene una maestría en Ingeniería Bioquímica en el Instituto Tecnológico de Durango, así como una Maestría y Doctorado en Ciencias Médicas en la Universidad Juárez del Estado de Durango.

Su línea de investigación está orientada al aprovechamiento de residuos de la región, tales como la cascara de cacahuete y orégano, la aplicación de compuestos bioactivos de plantas para uso medicinal e impacto ambiental ha sido beneficiado con financiamiento de proyectos en investigaciones que involucran el Aceite esencial de orégano y su efecto antifúngico y antimicrobiano. Actualmente es Investigador Clínico del Instituto Mexicano del Seguro Social y Profesor - investigador de la Universidad Tecnológica de Rodeo con reconocimiento de Investigador Estatal Honorífico, por parte del COCYTED, y Candidato a Investigador Nacional por parte del Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras.

El Dr. Marín, es una persona proactiva de valores adquiridos en el seno familiar, siempre atento al movimiento de las masas con ganas de conocer cosas nuevas, tiene una hermosa fijación hacia los carros clásicos, como investigador sus trabajos van encaminados a los compuestos orgánicos e inorgánicos de plantas para aplicarlos en diferentes funciones tales como fortificación, capacidad antioxidante y propiedades antimicrobianas, también realiza actividades que ayuden a menguar el cambio climático, y

actualmente está trabajando en compuestos anti obesidad a partir del Aceite esencial de orégano.

Su motivación para incursionar en la investigación científica surge a partir de su inquietud de conocer más y poder ayudar a los demás, así como generar herramientas que no están disponibles y demostrar que los compuestos bioactivos son funcionales. Dentro de las satisfacciones que le ha dado la investigación, se encuentra el conocimiento del mundo de la ciencia y la satisfacción de interactuar con diferentes personas, así como la generación de recursos humanos.

Su investigación impacta en múltiples problemas sociales, ambientales y económicos del Estado de Durango, desde demostrar que los compuestos bioactivos de las plantas funcionan como antimicrobianos, convirtiéndolos en una alternativa para combatir enfermedades causadas por microorganismos resistentes a los antibióticos; En la parte ambiental, participa en algunas actividades para disminuir el calentamiento global, como plantar árboles y darles el seguimiento para que no mueran; En lo que respecta al impacto económico, ha demostrado que es posible utilizar residuos de cascara de cacahuete para hacer papel, el cual es utilizado en la fabricación de souvenirs, y aprovechamiento de pallet de palo de orégano usados como tarimas diseñando modelos de negocio con residuos de la región.

El Dr. Marín expresa, que el tema de financiamiento siempre será un talón de Aquiles para la investigación, la investigación debería ser más aplicada y buscar la creación de fondos propios y así abrir bolsas económicas cada año en los diferentes sectores de la región para la atención de las necesidades.

SÉPTIMO CONCURSO "CRECIENDO CON CIENCIA 2025"

Teniendo como sede el Museo Interactivo Bebeleche, el día 5 de junio de 2025 se llevó a cabo el Séptimo Concurso Creciendo con Ciencia 2025 - Nivel Secundaria, donde estudiantes de secundarias técnicas, generales, estatales, telesecundarias y colegios particulares de todo el Estado, estuvieron presentado proyectos científicos y tecnológicos, demostrando el trabajo educativo que realizan en sus escuelas y comunidades. La Ceremonia de Inauguración estuvo a cargo del Dr. José Betancourt Hernández Director General quien ofreció las palabras de bienvenida y ánimo a los participantes, asimismo se contó con la presencia del Director General del Museo Bebeleche el C.P. Alfredo Andrade Gallegos y el Mtro. Josué Valles Martínez de Educación Medio Superior en representación del Dr. Guillermo Adame Calderón Secretario de Educación.

Durante esta edición estuvieron compitiendo 28 proyectos de las siguientes instituciones: Secundaria Técnica Número 1, Secundaria Técnica Número 3, Secundaria Técnica Número 58, Secundaria Técnica Número 62, Secundaria Técnica Número 73 T.M., Secundaria Técnica Número 73 T.V., Secundaria General "Sor Juana Inés de la Cruz", Secundaria Dr. Carlos Graef Fernández, Secundaria Lic. Benito Juárez T.M., Secundaria Lic. Benito Juárez T.V., Secundaria General Francisco Villa, Secundaria Humanista Erich Fromm, Telesecundaria No. 47, Telesecundaria No. 636 "ALAGU'N GA'N GU KARBAX", Colegio Guadiana La Salle, Colegio Motolinia y el Colegio Mac Donell.

Finalmente el protocolo de premiación y clausura, estuvo a cargo de la Dra. Denis Vázquez del Dpto. de Desarrollo Científico y Tecnológico, el Mtro. Martín Domínguez del Dpto. de Secundarias Estatales y el Maestro Jorge Cantellano del Dpto. de Difusión y Divulgación Científica, quien en representación del Dr. José Betancourt premio y dio cierre a las actividades animando a los participantes a seguir mejorando cada vez más, que sigan mostrando ese entusiasmo y dedicación en sus estudios, y sigan haciendo de Durango un referente en el desarrollo de proyectos científicos y tecnológicos.

Los proyectos ganadores de esta edición de Creciendo con Ciencia fueron:

1 er. Lugar: PROTOTIPO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN DURANGO MEDIANTE UN SISTEMA ARDUINO UNO CON SENSORES DE TURBIDEZ Y TEMPERATURA, presentado por los alumnos: Romina Galeazzi de la Mora, Yokko Nahiquetzalli Gómez Torres y Dariana Díaz Lagos Blanchet.

2 do. Lugar: PROTOTIPO DE BARCO DE LIMPIEZA PARA LA RECOLECCIÓN DE DESECHOS FLOTANTES EN RÍOS Y PRESAS, presentado por los alumnos: Sofía Dalet Berumen Pacheco, Megan Jennifer Murguía Pineda y André Flores Montaña.

3 er. Lugar: FILA PET, presentado por los alumnos: Amadeo Ramos García, Rodrigo Uriel Soto Quiroz y Erick Gabriel Vázquez García.



7MO
CONCURSO
CRECIENDO
CON CIENCIA



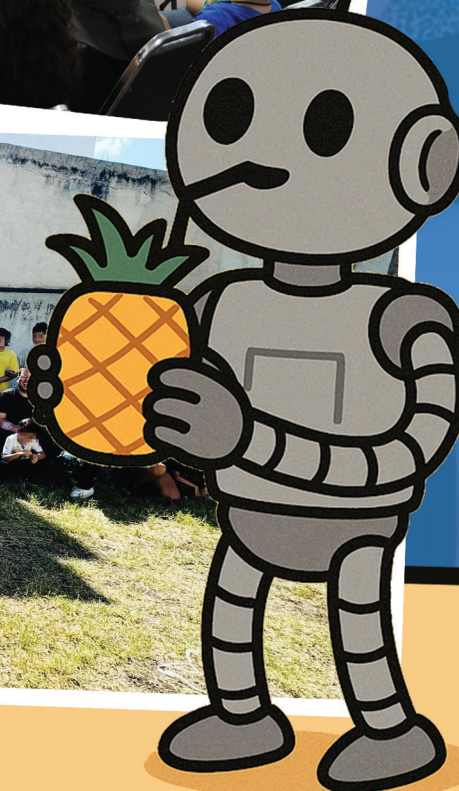
CLAUSURAN ACTIVIDADES DEL

Verano Científico

El 15 de agosto de 2025 se hizo el cierre oficial de actividades del Curso de Verano, impartido por el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango donde alrededor de 60 niñas y niños tuvieron la oportunidad de disfrutar de diversas actividades que fueron desde la creación de un herbario, elaboración de slime, impresión 3D, robótica, inteligencia emocional, actividades deportivas y recorridos guiados, entre muchas otras.

Por su parte el Dr. José Betancourt Hernández Director General, agradeció a todo el equipo de instructores que conforman el Programa de Apropiación Social de la Ciencia integrados por la Bióloga Ana Luisa García, Psicóloga Fernanda Aguayo, Q.F.B. Carlos Álvarez, Ing. Diego Díaz y el Ing. Luis Márquez por su entrega y dedicación durante estas dos semanas.

Finalmente, se hizo la entrega de constancias por parte del Jefe del Dpto. de Difusión y Divulgación el Ing. Jorge Cantellano a todos los participantes y agradeció a confianza a padres de familia reiterando el apoyo del COCyTED para el desarrollo de actividades que fortalecen los vínculos entre la ciencia y la educación. Agradecemos las facilidades otorgadas para la realización de estas visitas al Zoológico Sahuatoba Durango y al Museo Bebeleche



Escurrimiento fustal en árboles de bosques del ecosistema templado-frío

José Carlos Monárrez González^{1*}, Gustavo Pérez Verdín²

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. C.E. Valle del Guadiana Durango. Carretera Durango- Mezquital Km 4.5. Durango, Dgo.

² Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) Durango. Calle Sigma 119, Fracc. 20 de Nov. II. Durango, Dgo.

E-mail: monarrez.jose@inifap.gob.mx

Los ecosistemas forestales tienen un papel esencial en la provisión de servicios ecosistémicos. Los servicios ecosistémicos o ambientales, se definen como el conjunto de servicios que la sociedad puede utilizar y que ofrecen los ecosistemas por su simple existencia (Assessment Millenium Ecosystem, 2005). El agua como servicio ecosistémico tiene las funciones de provisión (suministro de agua dulce) y regulación (la partición de la lluvia, cantidad y temporalidad de escorrenría, infiltración y almacenamiento), que afectan directamente a las personas; y de soporte (ciclo hidrológico), necesario para mantener las otras funciones (Balvanera & Cotler, 2009). El rendimiento de agua en un ecosistema, a partir de la lluvia, depende principalmente de la cubierta vegetal, la cual permite la entrada y determina la forma en que se distribuyen las precipitaciones (Carlyle-Moses et al., 2018). Las características de la cobertura arbórea cambian, ya sea por factores naturales o por impacto de las acciones humanas, como los incendios, el sobrepastoreo y el manejo forestal.

El principal papel del bosque dentro del ciclo del agua es el almacenamiento de agua de lluvia (Chang, 2006). En un bosque la distribución del agua de lluvia inicia al entrar en contacto con la cobertura arbórea. Sus principales componentes son: precipitación total o incidente, intercepción, precipitación directa, escurrimiento fustal y escorrenría superficial. La precipitación incidente o total es la que llega al dosel

de los árboles. La precipitación directa es la fracción de agua que llega directamente al suelo y atraviesa el dosel; el escurrimiento fustal es parte de la precipitación que se dirige al suelo fluyendo por el tallo o tronco del árbol; la intercepción es la cantidad de agua que retiene el dosel y se evapora después o durante los eventos de lluvia; y la escorrenría superficial es la porción de agua que fluye como corriente superficial que llega al suelo pero no se infiltra.

La precipitación neta o efectiva es la cantidad de lluvia que llega al suelo del bosque a través de la precipitación directa y el escurrimiento fustal (Flores et al., 2016). El escurrimiento fustal puede presentar variaciones considerables en su estimación por área de bosque, desde un 3% hasta un 27 % de la precipitación total. Dada la dificultad que representa en campo determinar el volumen de agua derivado del escurrimiento fustal por árbol, para luego realizar la estimación a nivel sitio, rodal, microcuenca y cuenca, se hace necesario contar con modelos que, a partir de variables de fácil medición, como el diámetro normal y la precipitación bajo el dosel, permitan estimar el volumen de agua captado por el escurrimiento fustal. A la fecha en México son pocos los estudios realizados y no se han generado modelos para estimar este escurrimiento.

Para ello, en un bosque templado de Durango, dentro de las parcelas de monitoreo de servicios ecosistémicos (sitios circulares de 2500 m²) establecidas en los municipios de Santiago Papasquiaro

y Victoria de Durango, se midió durante el periodo de lluvia de agosto a septiembre, la precipitación directa y el escurrimiento fustal.

La precipitación directa se midió con cuatro pluviómetros con capacidad de 70 mm, colocados bajo el dosel y por parcela, mientras que el escurrimiento fustal se midió con una manguera seccionada alrededor del tronco, que conducía el escurrimiento a un garrafón de 20 L (Figura 1 a y b). Los aditamentos de escurrimiento fustal se colocaron en árboles de pino (*Pinus* spp.), encino (*Quercus* spp.) y madroño (*Arbutus* sp.), distribuidos por clase diamétrica. Con la información recabada en campo, ya en gabinete se procedió a realizar el análisis y ajuste estadístico, a fin de generar modelos que estimarán el escurrimiento fustal por árbol y por género. El procedimiento estadístico utilizado fue la regresión lineal y no lineal, y se ajustaron varios modelos. El modelo exponencial es el que mayor ajuste dio ($p < 0.001$).



Figura 1. (a) Pluviómetro para medir precipitación directa; (b) aditamento para medir el escurrimiento fustal en árbol de pino.

Durante el periodo de evaluación, la precipitación directa osciló entre 240-335 mm. Se registró un total de 133 pares de datos de diámetro, precipitación directa y escurrimiento fustal. Del total de eventos, 40% fueron inferiores a 20 mm, 42% fueron entre 20.1-40 mm y 18% fueron mayores a 40 mm. Como referencia, 10 mm equivalen a 10 litros de agua por m². El escurrimiento fluctuó de 0.1 a 19.1 L por evento de lluvia, en eventos de precipitación directa de 3.2 a 69 mm.

El madroño es el árbol que más escurrimiento produce, es decir, capta 1.26 y 2.56 veces más que el árbol de encino y pino, respectivamente. Se observó que manteniendo fijo el diámetro normal, el escurrimiento fustal aumenta conforme la precipitación directa es mayor; al mantener la precipitación directa fija el escurrimiento fustal se eleva conforme el diámetro se incrementa (Figura 2).

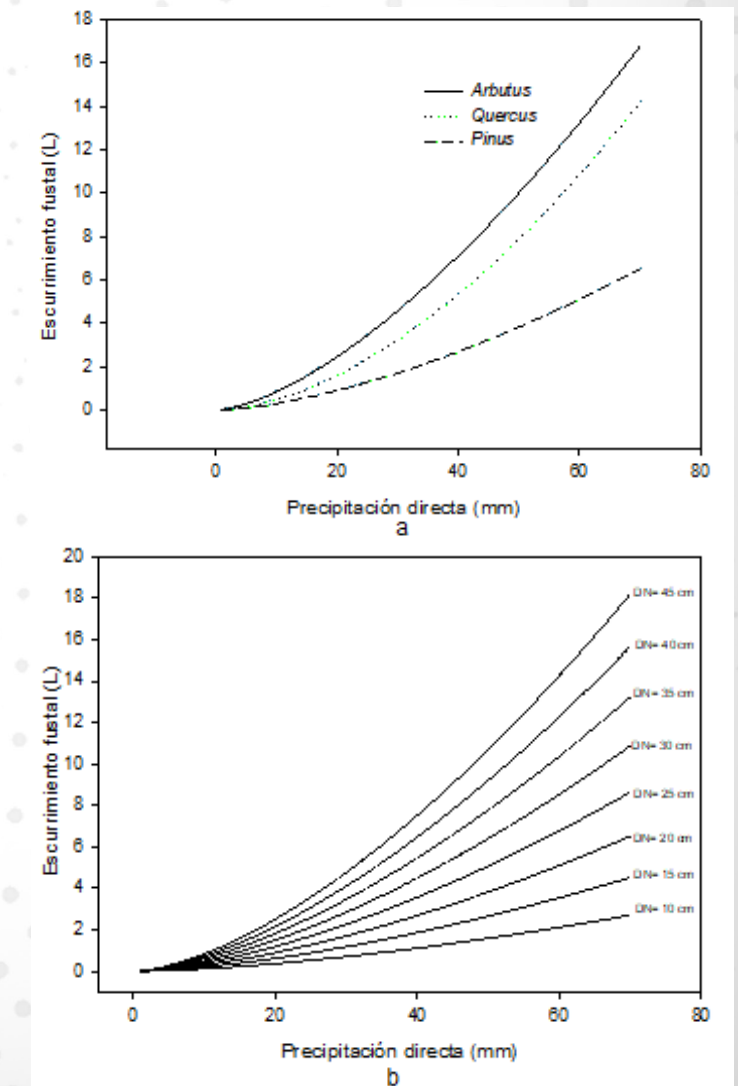


Figura 2. Curvas de precipitación directa con escurrimiento fustal, (a) para árbol de 20 cm de diámetro normal, por género y (b) para árboles de pino de distintos diámetros.



Fotografía de autoría propia del redactor del artículo.

A través del modelo no lineal de Schumacher, donde de forma general el escurrimiento fustal aumenta a medida que el diámetro de los árboles aumenta, se concluye que la estimación del volumen de agua captado por escurrimiento fustal a partir del diámetro normal y la precipitación directa, se puede realizar de forma aceptable

Cabe destacar que a pesar del creciente interés por la sociedad en el uso de las áreas forestales para proveer agua, tanto a nivel internacional como en México, son escasos los estudios que evalúan el impacto sobre el rendimiento hidrológico y su posible modificación, después de la aplicar tratamientos a la vegetación arbórea. Esta falta de información dificulta la adecuación e implementación de alternativas compatibles para un manejo forestal que optimice los recursos hídricos con la producción maderable, sin afectar a otros servicios ecosistémicos como el de conservación del suelo y control de la erosión y el de soporte en la conservación de la biodiversidad. Es así, como se generó conocimiento científico sobre el rendimiento hidrológico en un bosque del ecosistema templado-frío.

Referencias

- Assessment Millenium Ecosystem, M. (2005). Ecosystems and human well-being, Synthesis. Ecosystems (Vol. 5). Island Press, Washington, DC. <https://doi.org/10.1196/annals.1439.003>
- Balvanera, P., & Cotler, H. (2009). Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos. In Capital Natural de Mexico, Vol. II: Estado de conservacion y tendencias de cambio (CONABIO, Vol. II, pp. 185–245). México. Retrieved from http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol II/II04_EdoTendenciasServiciosEcosistemicos.pdf
- Carlyle-Moses, D. E., Iida, S., Germer, S., Llorens, P., Michalzik, B., Nanko, K., ... Levia, D. F. (2018). Expressing stemflow commensurate with its ecohydrological importance. *Advances in Water Resources*, 121, 472–479. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2018.08.015>
- Chang, M. 2006. Forest Hydrology: An Introduction to Water and Forests. Taylor & Francis, Texas, USA.
- Flores, A. E., De la Cruz, G. V., Terrazas, G. G. H., Carrillo, A. F., Islas, G. F., Acosta Mireles, M., & Buendia, R. E. (2016). Intercepcion de lluvia en bosques de montaña en la cuenca del rio Texcoco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(37), 65–76.

Uso ético de modelos animales en investigación

Sergio Rocha Márquez¹, Martha Sosa Macías² y Marisela Aguilar Durán^{1*}

¹ Instituto de Investigación Científica, Universidad Juárez del Estado de Durango

² Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango, IPN

E-mail: marisela.aguilar@ujed.mx

A lo largo de la historia humana, los animales nos han brindado sustento, cobijo, alimento, entretenimiento y múltiples beneficios, que también desde la antigüedad incluye la investigación. En múltiples campos del conocimiento podemos encontrar claros ejemplos que tienen como fundamento la contribución de evidencia generada en la investigación que emplea modelos animales; desde 1964 la Asociación Médica Mundial en su Declaración de Helsinki, recomendaba que toda investigación con seres humanos debe tener como sustento el antecedente de experimentación en modelos animales¹, sin embargo, hoy en día se reconoce la necesidad de incluir en ellas los aspectos éticos que la componen, incorporando las consideraciones éticas hacia las especies de modelos animales.

Es así como los investigadores se preocupan por contemplar en sus proyectos de investigación, aspectos que permitan la armonía entre hallazgos científicos sólidos con mínimos daños a la especie objeto de estudio. En este contexto reflexionaremos ¿cómo justificar realizar un proyecto de investigación con modelos animales? ¿qué condiciones debe cumplir un proyecto que implique modelos animales para que sea éticamente adecuado?

Se define como modelo animal a toda especie no humana que se usa en investigación biomédica porque se puede replicar en él algún aspecto de un proceso biológico o enfermedad presente en los seres humanos². En la actualidad existen múltiples modelos animales (cerdos, roedores, peces, simios, entre muchos otros) que se han utilizado por su similitud con la anatomía, fisiología o conducta humana, cuyo uso en investigación permite comparar los hallazgos a los procesos biológicos que tienen lugar en los humanos; además de las ventajas

conocidas que conlleva la facilidad de la deducción y similitud con los procesos fisiopatológicos humanos, en la actualidad su uso se ha incrementado por la ventaja de la modificación genética de las especies (cambiando intencionalmente con métodos y técnicas apropiados, su material genético), lo que convierte a los modelos animales como ideales para realizar experimentación, que llevada a cabo en humanos, sería éticamente imposible de hacer.

Considerando los aspectos anteriores podríamos pensar que es válido el uso ilimitado de estos modelos, sin embargo hoy se considera necesaria la protección hacia todas las formas de vida que cohabitan en el planeta tierra, incluyendo las especies animales; en este sentido, la dignidad humana es también una fuente de obligación moral hacia los animales y un acto de justicia su protección y cuidado al utilizarlos como material para experimentos, reconociéndolos como seres sintientes y dignos de compasión, así como tratando de evitar su explotación y uso indiscriminado.



Figura 1. Manipulación de modelos de investigación

En este sentido, para tratar de solventar el conflicto entre el beneficio humano contra el daño a la especie animal, se han planteado diversos avances para su uso ético en investigación. Las condiciones que debe cumplir una investigación que utilice modelos animales se marcan por una serie de pautas, leyes, reglamentos y normas nacionales e internacionales cuyo cumplimiento es vigilado y evaluado por comités de ética y principalmente por comités de ética animal, analizando el valor social y científico de la propuesta de investigación en contraste con la gravedad de las lesiones, molestia e invasividad de los procedimientos, así como su manejo y control.

Las investigaciones que se desarrollen con modelos animales deben evitar el uso de especies que se encuentren amenazadas, asimismo deberán ser necesarias, es decir, solo mediante el empleo de modelos animales puede obtenerse el conocimiento porque no existe otra forma de obtenerlo; en este sentido es recomendable que los investigadores analicen previamente si el mismo conocimiento puede alcanzarse mediante formas alternas de investigación, reemplazando el modelo animal por cultivos de tejidos o células, modelos computacionales, entre otras alternativas.

Otra condición es que la investigación sea original, es decir, que no exista una investigación idéntica (realizada por otro investigador), del mismo modo una vez que termine su proyecto el investigador deberá comprometerse a publicar los resultados (aún cuando fuesen negativos) para evitar la repetición innecesaria de proyectos; los resultados generados deberán contribuir potencialmente a mejorar la salud de la población y la humanidad y de preferencia ser aplicables. Igualmente, la investigación planteada debe contar con solidez metodológica y validez científica, que empate el aporte al conocimiento científico con un tamaño de muestra con la potencia suficiente para generar conocimiento válido y a la vez utilice el mínimo de sujetos necesarios para alcanzarlo. Por último, en aquellos proyectos cuya intervención produce dolor, sufrimiento (físico o psicológico), malestar o incomodidad es necesario que se contemplen los mecanismos para vigilarlos, controlarlos, minimizarlos y preferentemente eliminarlos, empleando adecuadamente analgesia o anestesia; analizar cuidadosamente si es necesaria la administración de la muerte de la especie (eutanasia), en tal caso deben emplearse solo métodos autorizados

para finalizar con la vida, en caso contrario, buscar que al terminar el experimento (si las condiciones lo permiten), los animales puedan ser reutilizados en otros experimentos, adoptados o reubicados en hogares, refugios o parques zoológicos, evitando abandonarlos o sacrificarlos.

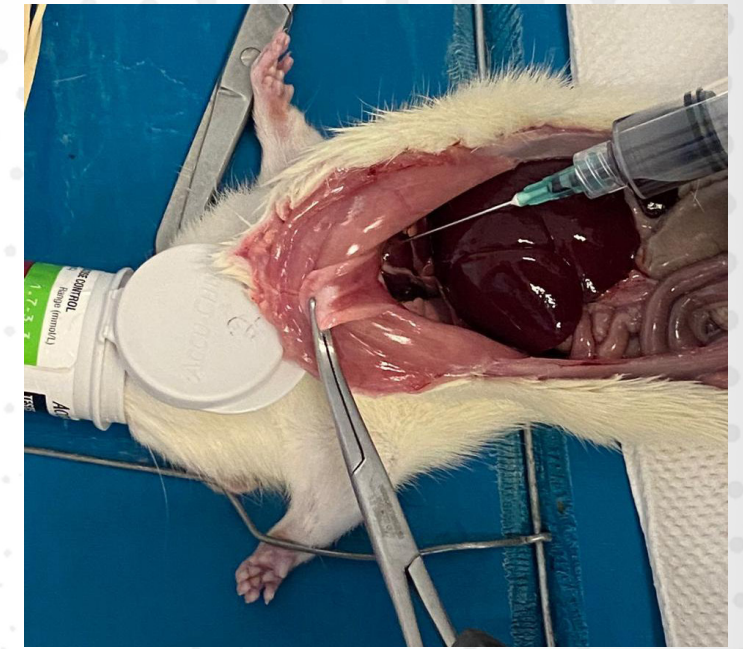


Figura 2. Trabajo de análisis en modelos de investigación

El investigador deberá garantizar que durante el desarrollo de la investigación la especie animal contará con las condiciones de alimentación, ambientales y resguardo que procuren en todo momento su bienestar; las áreas de alojamiento serán específicas para este fin y acordes a los requerimientos de la especie de que se trate, respetando siempre las leyes y disposiciones vigentes. Todos los esfuerzos que el investigador haga por apegarse a estas recomendaciones, no solo se reflejarán en el beneficio de la especie sino además en el éxito del resultado experimental, ya que los animales estresados producen resultados no confiables.



Figura 3. Análisis de los modelos de investigación



Figura 1. Modelo de investigación preparado para su análisis

Para terminar, podemos afirmar que hoy los investigadores no pueden ignorar la enorme responsabilidad y costos que implica el uso de modelos animales en la investigación y el papel protector sobre las especies utilizadas, empatando el aporte al conocimiento científico con las consideraciones éticas aplicables que observará a lo largo de su proyecto de investigación, dignificando con ello el respeto hacia las diferentes especies como parte esencial de la naturaleza.

Referencias

Asociación Médica Mundial (2001). Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial. Gaceta Médica de México, 137(4), 387-390.

Institutos Nacionales de Investigación del Genoma Humano de los Estados Unidos. (16 de septiembre de 2022). Glosario parlante de términos genómicos y genéticos. <https://www.genome.gov/es/genetics-glossary/Modelo-animal>

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2001). Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. Diario oficial de la Federación, México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/203498/NOM-062-ZOO-1999_220801.pdf

Véliz, V.Y y Ramos, P.J. (2020). Los animales como personas no humanas sujetos de derecho: ¿Nuevo paradigma filosófico-jurídico?. Frónesis: Revista de filosofía jurídica, social y política, 28(3), 272-288.



COCYTED
CONSEJO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEL ESTADO DE DURANGO



CONVOCATORIA 2025 PROYECTOS DE DESARROLLO CIENTÍFICO EN ATENCIÓN A NECESIDADES DEL ESTADO DE DURANGO

Para revisar la información completa ingresa a:
www.cocyted.gob.mx

¡ YA DISPONIBLE !

Uso de la rata de laboratorio en modelos de diabetes gestacional

Pablo Alvarado Aguilar, Laura Jazel Barragán Zúñiga, Gerardo Martínez Aguilar, Fernando Guerrero Romero, Claudia Ivette Gamboa Gómez*.

Unidad de Investigación Biomédica, Instituto Mexicano del Seguro Social, Delegación Durango, Predio Canoas No. 100, 34077 Durango, Dgo.

La diabetes mellitus gestacional (DMG) afecta aproximadamente a 14% de las mujeres alrededor del mundo. En México, la prevalencia se reporta entre el 8.7 y el 17.7 %.

La DMG es un tipo de diabetes que se diagnostica durante el embarazo (gestación). Esta enfermedad, al igual que otros tipos de diabetes, causa un alto nivel de azúcar (glucosa) en la sangre, afectando la forma en que las células de cuerpo utilizan la glucosa, esta alteración puede afectar tanto la salud de la madre como la de bebé. Estudios científicos demostraron que las mujeres con diagnóstico de DMG tienen seis veces más probabilidades de desarrollar diabetes mellitus tipo 2 (DM2) a lo largo de la vida que aquellas que tuvieron un embarazo normal.

La insulina es una hormona muy importante en la captación de energía a través de glucosa en las células y algunas hormonas del embarazo pueden alterar el trabajo que desempeña. Cuando esto sucede, pueden incrementar los niveles de glucosa en sangre de una mujer embarazada. Así mismo se nombra al sobrepeso y la obesidad como principales factores de riesgo para padecer diabetes gestacional. A pesar de lo antes mencionado aún se requieren estudios que ayuden a elucidar las vías bioquímicas que se afectan en la DMG. Por lo tanto, el establecimiento de modelos animales para el estudio de la DMG permite que se puedan realizar investigaciones desde el inicio del embarazo, y conocer mecanismos biológicos que dan oportunidad

de investigar formas de prevención de la enfermedad; además, brinda la oportunidad de evaluar fármacos.

Estos modelos tienen como fin mejorar el conocimiento en las características de la aparición y el desarrollo de la DMG y que la salud de las madres y los niños sea mejor. Las ratas y ratones son los modelos más utilizados para el estudio de la diabetes, simulando condiciones de hiperglucemia moderada o severa, intolerancia a la glucosa y otras alteraciones metabólicas relacionadas (1,2).

Diabetes Gestacional

Los factores de riesgo para padecer DMG son principalmente los antecedentes familiares de diabetes mellitus tipo 2, obesidad y ciertos antecedentes étnicos. Se ha visto en algunos estudios que posiblemente existe una predisposición genética en mujeres asiáticas y latinas, ya que tienen un riesgo mayor de sufrir DMG que las mujeres de otras etnias. La mujer embarazada con DMG tiene mayor riesgo de tener nacimiento por vía cesárea, de padecer trastornos hipertensivos del embarazo y morbilidades asociadas con la diabetes. La DMG también tiene asociación con incremento de las complicaciones durante el embarazo y en la vida posterior tanto de la madre como del neonato. Además, existe riesgo en el 50% de las pacientes de llegar a padecer DM2 en los siguientes 10 años(3).

Tipos de modelos para DMG

Los modelos animales se refieren a un animal con características de simulación de enfermedad humana

establecido en varias investigaciones científicas médicas. Las ratas y ratones son los modelos más utilizados para el estudio de los mecanismos patogénicos que conducen a la diabetes y dan la oportunidad de estudiar nuevas formas de prevenir alteraciones metabólicas relacionadas y tener nuevos tratamientos.

Los modelos animales en DMG pueden inducirse principalmente por sustancias químicas, por dietas altas en grasa o por modelos genéticos; y en algunas ocasiones, también se utiliza una combinación de alguno de estos tres. Para la inducción de DMG por medio de sustancias se utilizan principalmente la estreptozocina y el alloxan. La estreptozocina (STZ) es un antibiótico que tiene una alta toxicidad para las células del páncreas, el cual se encarga de producir la insulina. El alloxan (ALX) es un compuesto orgánico que también es tóxico para las células pancreáticas y puede inducir eficazmente un modelo de DMG caracterizado por niveles altos de glucosa en sangre durante el embarazo en diversas especies, incluidos ratones, ratas, conejos, cerdos y ovejas.

La ventaja de estos métodos químicos es que se puede conseguir una alteración en los niveles de glucosa en un periodo corto de tiempo; sin embargo, tiene algunas desventajas como que la elevación de los niveles de glucosa en sangre provocada es permanente debido a la muerte de las células pancreáticas por sustancias químicas es irreversible. Otra limitante es que estos modelos con sustancias no asemejan de igual manera la DMG humana ya que esta se caracteriza por la resistencia a la insulina y la intolerancia a la glucosa de leve a moderada, mientras que en estos modelos existe una deficiencia de insulina y niveles de glucosa en sangre severamente elevados, similar a la DM1.

Por otro lado la toxicidad de los productos químicos conduce a una falta de repetitividad y una alta mortalidad de los animales de experimentación. Otra estrategia de simulación de diabetes en ratas es a través de la inducción de obesidad, ya que esta enfermedad aumenta considerablemente la probabilidad de padecer DMG. La obesidad se puede inducir por medio de una alimentación a largo plazo de dieta alta en grasa. Esto, da como resultado varios trastornos metabólicos en los animales, incluido un marcado aumento en el peso corporal, resistencia a la insulina y un incremento en la glucosa.

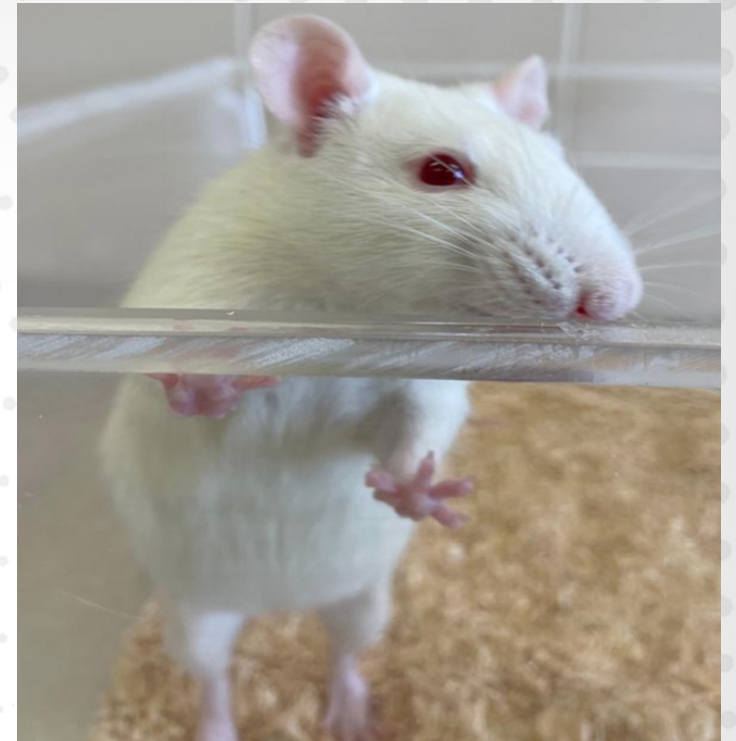


Figura 1. Rata Wistar hembra

Este tipo de modelos imitan mejor la forma en la que la DMG actúa en el cuerpo en comparación con los modelos químicos. La mayoría de estos estudios utiliza como base de la dieta grasas saturadas como la manteca de puerco acompañadas de algún tipo de azúcar como lo puede ser la sacarosa o la fructosa. En estos modelos, se exploran principalmente mecanismos de la enfermedad o evalúan preclínicamente nuevos fármacos.

Por otro lado, la genética juega un rol muy importante en la aparición y el desarrollo de la DMG, ya que el tener antecedentes familiares de esta enfermedad, aumenta el riesgo de padecerla. Los modelos genéticos modifican importantes reguladores de la glucosa, especialmente las hormonas derivadas de la placenta, por lo que pueden simular los efectos de las hormonas del embarazo. Sin embargo, algunas de estas modificaciones genéticas son difíciles de reproducir entre diferentes experimentos en estos modelos.

Aunque el mecanismo para la formación de la DMG sigue siendo difícil de determinar, la evidencia sugiere que el proceso por el cual se desarrolla debe atribuirse a múltiples factores, principalmente la genética, la dieta, el estado nutricional durante el embarazo y la obesidad. Por lo que la estrategia de combinar estrategias de inducción puede representar una forma razonable de

simular las características clínicas de DMG, mostrando hiperglucemia transitoria específica durante la gestación inducida por la combinación de una dieta alta en grasa a corto plazo y tratamiento con dosis bajas de STZ antes del embarazo(4).



Figura 1. Rata Wistar con sus crías

simular las características clínicas de DMG, mostrando hiperglucemia transitoria específica durante la gestación inducida por la combinación de una dieta alta en grasa a corto plazo y tratamiento con dosis bajas de STZ antes del embarazo(4).

Perspectivas para el estudio de DMG

Hasta el momento no se ha descrito un modelo que simule por completo la DMG en humanos, esto debido a que todos los modelos que se presentan actualmente tienen algunas desventajas considerables. Por lo cual, se deben tener en cuenta todos los posibles mecanismos de inducción de DMG en modelos animales con el fin de realizar una elección apropiada, la cual confiera mayor precisión para comparar características de un modelo animal a la DMG humana.

La consecuencia lógica de un modelo animal adecuado en relación con las características bioquímicas humanas demostrara mecanismos biológicos similares al ser estimulados y evaluados ante nuevos tratamientos farmacológicos.

Referencias

- Wilcox G. Insulin and insulin resistance. Clin Biochem Rev. 2005;26(2):19.
- Hugués Hernandorena B, Rodríguez García JC, Rodríguez González JC, Marrero Rodríguez MT. Animales de experimentación como modelos de la diabetes mellitus tipo 2. Rev Cuba Endocrinol. 2002;13(2):0.
- Gracia V-D, Olmedo J. Diabetes gestacional: conceptos actuales. Ginecol Obstet Mex. 2017;85(6):380-90.
- Gao X, He J, Zhu A, Xie K, Yan K, Jiang X, et al. Modelling gestational diabetes mellitus: large animals hold great promise. Rev Endocr Metab Disord. 2021;22(2):407-20.

Los microorganismos como biosensores de contaminantes

Luz Idalia Valenzuela García¹, Víctor Manuel Ayala García², Marcelo Barraza Salas² y María Teresa Alarcón Herrera¹

¹ Centro de Investigación en Materiales Avanzados, Subsede Durango.

² Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Juárez del Estado de Durango, Unidad Durango.

E-mail: teresa.alarcon@cimav.edu.mx

Desde sus orígenes hace alrededor de 3700 millones de años, los microorganismos han desempeñado funciones de gran importancia en el ecosistema, permitiendo el desarrollo de diversas formas de vida por su capacidad de descomponer la materia orgánica y de convertir elementos del medio ambiente a nutrientes que pueden ser utilizados por los seres vivos. A pesar de ello, no fue hasta hace apenas casi 160 años cuando el ser humano comenzó a ser consciente de la importancia de los microorganismos en nuestras vidas. Desde entonces el estudio de estos pequeños seres vivos, imperceptibles al ojo humano, ha pasado por diversas etapas. Primero, estudiándolos por ser causantes de enfermedades y descomposición de alimentos, después aprovechando sus cualidades para conocer sobre el funcionamiento de los seres vivos, las bases genéticas de la herencia, y finalmente aprovechando sus capacidades para desarrollar procesos biotecnológicos que consisten en usar a estos microorganismos para obtener productos de interés en la vida cotidiana: pan, cerveza, yogurt, antibióticos, e incluso de lo que se requiere para fabricar esos pantalones rotos que están de moda actualmente.

Los microorganismos, incluyendo hongos (mohos y levaduras), bacterias, algas microscópicas y protozoarios, han perfeccionado a través del tiempo su capacidad de resistir a condiciones ambientales que podrían afectar su sobrevivencia, y para ello poseen mecanismos que echan a andar justo cuando lo necesitan, tal como una navaja suiza, que dependiendo lo que se necesite hacer tiene una herramienta para ello. En este caso, los microorganismos pueden sintetizar proteínas (enzimas) que llevan a cabo transformaciones

químicas, energéticas y síntesis de compuestos, en respuesta a una condición ambiental, por ejemplo, algunas bacterias son capaces de comenzar a degradar lactosa cuando otros azúcares no están disponibles, gracias a una enzima llamada β -galactosidasa. De la misma forma, en la presencia de contaminantes como hidrocarburos, metales pesados, plaguicidas, gases e incluso plásticos, algunos microorganismos activan sus alarmas y comienzan a hacer frente a ellos, sintetizando todo lo que requieren para transformarlos, degradarlos y/o eliminarlos de su microambiente, siendo capaces también de usarlos en algunos casos como alimento.

Los microorganismos han sido exitosamente empleados para llevar a cabo procesos de descontaminación ambiental. Un ejemplo muy conocido fue el uso de la bacteria *Alcanivorax borkumensis*, empleada en el 2010 en el Golfo de México para disminuir la contaminación por un derrame de petróleo, gracias a su capacidad de obtener energía a partir de compuestos del petróleo. Otro ejemplo, fue la degradación completa de pentaclorofenol, un pesticida muy tóxico, hasta sus componentes minerales, combinando dos tipos de bacterias (*Arthrobacter sp.* y *Flavobacterium sp.*). Estos pequeños seres vivos también son útiles para descontaminar sitios donde existe alta concentración de metales y metaloides lo cual representa un riesgo para la salud, y aunque estos no pueden ser degradados a algo más simple, sí pueden ser removidos del sitio contaminado, sea del agua o suelo, para ser dispuestos en un lugar donde no puedan causar daño.

Para descontaminar (remediar) sitios contaminados por metales o por metaloides, se han empleado

exitosamente microorganismos como la microalga *Chlorella pyrenoidosa*, la cual es capaz de remover metales como cobre, plomo, zinc, cromo, níquel, cadmio y metaloides como el arsénico [1].

Entre todo este arsenal de aplicaciones que se han encontrado para los microorganismos, una de las más recientes ha sido la detección de contaminantes. Ello es posible aprovechando su capacidad de respuesta y adaptación a diversas condiciones ambientales así como a la manipulación genética de los microorganismos que permite desarrollar técnicas de monitoreo de compuestos o elementos contaminantes en el ambiente. Para esto, se integra un sistema biológico de detección acoplado a un elemento que emita una señal visible o detectable y en algunos casos cuantificable. A estos sistemas se les conoce como biosensores. Entre los diversos tipos de biosensores que existen, los de célula completa son de los más interesantes por su facilidad de manejo y su bajo costo de operación. En ellos la célula es capaz de detectar un compuesto o elemento en el ambiente y emitir una señal fácilmente detectable, como luz, fluorescencia o un cambio de color.



Figura 1. Ejemplos de biosensores de célula completa y sus aplicaciones.

Empleando esta estrategia se han desarrollado biosensores para una gran variedad de contaminantes, incluyendo detección de microorganismos patógenos como *Vibrio cholerae*, presencia de metales, hidrocarburos, compuestos aromáticos y municiones (Figura 1), usando como sensores a microorganismos como *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* y *Sacharomyces cerevisiae*, modificados genéticamente para emitir señales de fluorescencia, luminiscencia (emisión de luz) o bien cambios de coloración [2].

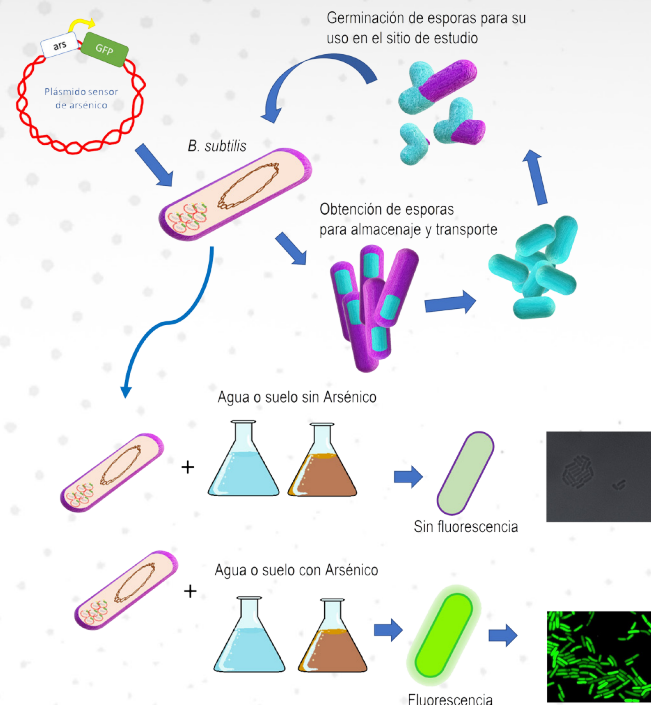


Figura 2. Biosensor de *B. subtilis* para detección de As desarrollado en CIMAV-Dgo.

En el Centro de Investigación de Materiales Avanzados (CIMAV) unidad Durango, en conjunto con la Facultad de Ciencias Químicas campus Durango de la UJED, estamos desarrollando un biosensor de célula completa para arsénico (As), usando a la bacteria *Bacillus subtilis*, con el fin de contar con un sensor de este tipo para la detección y monitoreo de As en agua y suelo. Esto es una necesidad que surge por la problemática existente en la región, en donde es conocido que existe alto contenido de As en el ambiente y que su exposición constante en el agua de consumo humano está generando problemas de salud en la población [3].

Existen técnicas analíticas para la detección de arsénico en muestras ambientales, en laboratorios como el que se encuentra en CIMAV-Dgo. Sin embargo, se requiere contar con equipo altamente especializado (absorción atómica) y de personal entrenado, lo cual dificulta el análisis constante de alto número de muestras, además de las complicaciones de costo, preservación, traslado y análisis en laboratorio. Por ello, entre las ventajas del uso de un biosensor es que permite llevar a cabo la detección en campo sin trasladar la muestra al laboratorio. Además, los biosensores de célula completa pueden manejarse fácilmente y ya hay pruebas desarrolladas para detectar el contaminante en el sitio donde se toma la muestra, en las cuales la interpretación del resultado es sencilla, tal como una prueba rápida de embarazo.

No obstante, el siguiente paso en el desarrollo de biosensores es no sólo detectar, sino también cuantificar el contaminante. En este caso, varios tipos de biosensores de célula completa han sido desarrollados experimentalmente en bacterias como *E. coli*, pero no están disponibles comercialmente. Además, al ser *E. coli* una bacteria de origen intestinal, requiere cierto tipo de manejo para evitar contaminación ambiental y para lograr mantenerla con viabilidad. Considerando estos aspectos, el biosensor que se está desarrollando en CIMAV, utiliza a la bacteria propia del suelo *B. subtilis*, que no es patógena y tiene la capacidad de formar esporas, estructuras de alta resistencia a condiciones ambientales, entre las que se encuentran desecación, calor, luz UV, estrés osmótico y otros agentes tóxicos [4]. Las esporas se forman cuando las condiciones ambientales son adversas, entrando en un periodo de dormancia que puede durar incluso millones de años, reasumiendo el crecimiento cuando las condiciones son apropiadas.

Se podría considerar como exagerado, pero se han encontrado esporas de *B. subtilis* capaces de reactivarse después de millones de años de dormancia, como se demostró al reactivar esporas aisladas de contenido abdominal de abejas extintas preservadas en ámbar por 25 a 40 millones de años [5]. El biosensor de arsénico que se encuentra en desarrollo por el grupo de trabajo de CIMAV-Durango, es capaz de emitir fluorescencia verde al detectar arsénico en su medio de cultivo (Figura 2), respondiendo específicamente a As y no a otros cationes, esto debido a que hay un elemento regulador de expresión de la proteína verde fluorescente que se activa únicamente por la unión de As. Las pruebas hasta el momento indican que el biosensor en desarrollo tiene un alto potencial, ya que es capaz de emitir señal en un rango de concentración de As (III) de 6 µg/L a 170 mg/L, lo cual lo hace prometedor para la detección de As en agua y suelo.

Otra ventaja del uso de un biosensor para la detección de As, es que en comparación con los métodos analíticos, el usar un microorganismo en la detección del contaminante puede darnos una idea de la cantidad de arsénico biodisponible en las muestras ambientales ya que, principalmente en suelo, su capacidad de formar complejos conduce a que no todo el arsénico presente sea el que tendrá efectos en los sistemas biológicos, lo cual no puede ser determinado por métodos químicos; en cambio, si la concentración del ion llega a ser tan alta

que el microorganismo muera, es un claro indicativo de riesgo para cualquier sistema vivo. Esto además provee de una herramienta para la evaluación del riesgo de posible translocación del As a cultivos, sobre todo en aquellos destinados a usarse como alimento, ya que se sabe que el As puede llegar al ser humano a través de la cadena alimenticia, así como para verificar la factibilidad del uso de biorremediación (incluyendo fitorremediación).

En conclusión, resulta ventajoso utilizar los microorganismos y las herramientas genéticas que en los últimos años se han desarrollado para su modificación. Contribuyendo así a las alternativas de detección y monitoreo de contaminantes como el arsénico, aspecto básico para identificar su presencia y buscar soluciones a problemas de contaminación tanto natural como antropogénica, limitando los riesgos a la salud de las personas.

Referencias

- Das, S. (2014). Microbial Biodegradation and Bioremediation. In Microbial Biodegradation and Bioremediation. Elsevier.
- Moraskie, M., Roshid, M. H. O., O'Connor, G., Dikici, E., Zingg, J. M., Deo, S., & Daunert, S. (2021). Microbial whole-cell biosensors: Current applications, challenges, and future perspectives. In Biosensors and Bioelectronics, (191), 113359
- Alarcón-Herrera, M. T., Martín-Alarcón, D. A., Gutiérrez, M., Reynoso-Cuevas, L., Martín-Domínguez, A., Olmos-Márquez, M. A., & Bundschuh, J. (2020). Co-occurrence, possible origin, and health-risk assessment of arsenic and fluoride in drinking water sources in Mexico: Geographical data visualization. Science of the Total Environment, (698), 134168
- Pedraza-Reyes, M., Ramírez-Ramírez, N., Vidales-Rodríguez, L. E., & Robleto, E. A. (2012). Mechanisms of Bacterial Spore Survival. In Bacterial Spores: Current Research and Applications. 73-84.
- Cano, R. J., & Borucki, M. K. (1995). Revival and identification of bacterial spores in 25- to 40-million-year-old Dominican amber. Science, (268),5213,1060-1064.
- Agradecimientos**
Se agradece a COCyTED por el financiamiento del proyecto con folio 782 "Determinación de elementos potencialmente tóxicos en agua envasada y suelo agrícola" mediante el programa de Apoyos Institucionales Proyectos de Investigación del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango COCyTED, Convocatoria de Proyectos de Investigación Científica Aplicada "Mujeres en la ciencia, tecnologías, ingeniería y matemáticas".

El maíz en México. El ataque de plagas y tipos de control

Dra. Mónica Yazmín Flores Villegas, MSA. Elena Carrillo Rodríguez y Dra. María Berenice González Maldonado.

Universidad Politécnica de Durango
CIIDIR-Unidad Durango
Centro de Bachillerato Tecnológico 89

El género *Zea* comprende más de 768 géneros (Sánchez-K, 2019). El maíz (*Zea mays* L., *Poales: Poaceae*) es un cereal de origen mexicano, también es parte de los alimentos básicos de la población del país y su producción se basa principalmente en la obtención del grano y elote, los cuales son materia prima de diversos subproductos como la elaboración de tortillas o son consumidos de manera directa. Su óptimo crecimiento requiere temperaturas entre los 20 y 30 ° C, no tolera el frío ni la sequía. Es demandante de grandes cantidades de agua y se adapta a distintas condiciones edáficas (Osorio-Hernández, 2018). Además, se registran 59 variantes de maíz criollo en México. Desde un punto de vista económico este cultivo es el de mayor importancia en México. Este cereal cubre más de la mitad de la superficie agrícola sembrada en nuestro territorio, con aproximadamente 7.5 millones de hectáreas (Fernández Suárez et al., 2023).

La producción de maíz en el año 2019 fue de 27.8 millones de toneladas, en donde el estado de Sinaloa produjo el 22%, seguido por Jalisco con el 14%. México ocupa el octavo lugar en producción mundial. En el mismo año se exportó este cereal a 17 países, principalmente a Venezuela y Estados Unidos (CIMA, 2018). Al ser uno de los cultivos más básicos y extensos en México, este presenta diferentes problemas de plagas, una de las principales es *Spodoptera frugiperda* (Gusano cogollero). Sus larvas infligen daño por alimentarse principalmente del cogollo de la planta, que dependiendo de la densidad de la población en el cultivo pueden llegar a reducir hasta en un 20% de rendimiento. Esta plaga es fácil de que se presente

en zonas tropicales y subtropicales en el continente americano. Tiene un amplio rango de hospedantes, con más de 80 plantas registradas (Tejeda-Reyes et al., 2016). En la etapa adulta, las polillas tienen un tamaño aproximado de 32 a 38 mm con las alas extendidas las cuales tienen una coloración grisácea.

El método de control más utilizado son los insecticidas químicos de síntesis (Figura 1); sin embargo, se han reportado cambios en la susceptibilidad del insecto a diversos insecticidas. Esta adaptación ha venido en aumento, existiendo reportes de un gran número de insecticidas para los cuales *S. frugiperda* ha desarrollado resistencia (Barrientos-Gutiérrez et al., 2013). Además, la susceptibilidad a los métodos de control depende de la etapa de crecimiento/tamaño de *S. frugiperda*, presentando una mayor susceptibilidad en las primeras etapas de crecimiento (primer instar) a las diferentes estrategias de control (*Bacillus thuringiensis*, insecticidas piretroides, carbamatos y organofosforados) (Adamczyk, 2019).

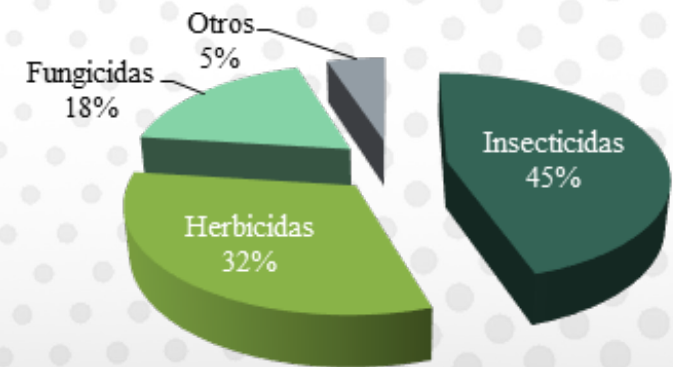


Figura 1. Porcentaje de plaguicidas usados en México, según su tipo de clasificación

Sin embargo, existe otro tipo de control que se considera menos dañino, tanto para la entomofauna como para el ecosistema y es el control biológico, el cual utiliza diferentes tipos de organismos que permiten controlar diversas plagas. El control biológico se basa en el principio natural de que muchas especies defienden como el uso consciente de organismos vivos para el control de plagas, es un recurso ecosistémico clave para la producción sostenible de cultivos, en el cual se aprovechan los enemigos naturales de estas para reducir sus daños (Batis et al., 2021). Uno de los organismos más estudiados en control biológico es la bacteria *Bacillus thuringiensis*. En la actualidad se siguen evaluando diversas estrategias que permitan obtener altas cosechas de maíz para que permita seguir alimentando a los seres humanos, a través de combinar dosis bajas de insecticidas y hongos entomopatógenos, lo que permite mejorar los programas de manejo integrado de plagas.

Otra alternativa de control es el uso de insecticidas generados a partir de extractos vegetales, la cual presenta diversas ventajas ecológicas, debido a esto su aplicación ha ido incrementando con el pasar de los años. A pesar del beneficio de estos productos los agricultores aún no los aceptan del todo bien, esto se cree que es a consecuencia de creencias equivocadas. Además, su comercialización y registro presenta diversos problemas, a pesar de tener un alto potencial para formar parte del manejo integrado de plagas como una estrategia de bajo riesgo (Silva et al., 2002). En las últimas dos décadas, se han intensificado los estudios de productos de origen vegetal en su parte química, con énfasis en los metabolitos secundarios, los cuales están implicados en el control biológico contra patógenos o plagas, y en ciertos casos activando procesos de defensa en la planta y brindando una protección preventiva (Celis et al., 2009). La planta es de donde se derivan los metabolitos de importancia comercial que son usados para generar productos cosméticos, farmacéuticos, agroquímicos y de alimentos.

Los metabolitos están clasificados en primarios, que son utilizados por la planta para el crecimiento, y los metabolitos secundarios que no tienen una función aparente en el metabolismo primario. Estos últimos tienen una implicación ecológica como parte del sistema de defensa de la planta contra los enemigos naturales (Ortíz et al., 2014). Dentro de los metabolitos secundarios encontramos a los alcaloides, un grupo que cuenta con más de 15,000 metabolitos, que tienen en común tres características: 1) Son solubles en agua, 2) Contienen al menos un átomo de nitrógeno en la molécula y, 3) Tienen actividad biológica. En la tabla 1 se enlistan los principales alcaloides que se han identificado en algunas plantas tóxicas y se relacionan con las actividades metabólicas enfocadas a defensa en contra de microorganismos, insectos y herbívoros (Tabla 1).

Tabla 1. Metabolitos secundarios utilizados como biorracionales

Compuestos identificados en las plantas
- Fenoles (quinonas, flavonas, flavonoides taninos y cumarinas)
-Terpenoides
-Aceites esenciales
-Alcaloides
-Pectinas
-Polipéptidos

Los metabolitos secundarios presentes en los extractos de las plantas tienen efectos sobre el sistema nervioso de los insectos. Como hemos visto, existen diferentes alternativas para la principal plaga que ataca al maíz *S. frugiperda* (químicos, metabolitos secundarios, el control biológico o la combinación entre algunos de ellos), lo que permite enfatizar que es necesario dar seguimiento al mejoramiento, diseño y desarrollo de nuevas estrategias para el control de *S. frugiperda*, lo cual nos permitirá contar con más opciones efectivas contra el insecto plaga y mejora del medio ambiente, minimizando las resistencias en los organismos (Figura 2).



Figura 2. Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), principal plaga en atacar el maíz mexicano

Referencias.

Adamczyk JJ Jr, Leonard BR, Graves JB. Toxicity of selected insecticides to fall armyworms (Lepidoptera: Noctuidae) in laboratory bioassay studies. *Florida Entomol.* 1999;82(2):230– 236.

Barrientos-Gutiérrez, J. E., Escobedo-Garrido, J. S., & López-Olguín, J. F. (2013). Manejo convencional de *Spodoptera exigua* en cultivos del municipio de Los Reyes de Juárez, Puebla. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(8), 1197-1208.

Batis, B. V., Hernández, D. G., García, Y. M. R., Leyva, G. B., & Fonseca, R. R. (2021). Agricultura suburbana: biodiversidad, servicios ecosistémicos y control natural de plagas agrícolas. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4(Suplemento 1), 137-146.

Celis, A., Mendoza, C. F., & Pachón, M. E. (2009). Uso de extractos vegetales en el manejo integrado de plagas, enfermedades y arvenses: revisión. *Temas agrarios*, 14(1), 5-16.

Fernández Suárez, R., Morales Chávez, L.A., y Gálvez Mariscal, A. (2023). Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional. Una revisión indispensable. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(SUPPL.3), 275–283.

Ortiz, D. M., Posada, S. L., & Noguera, R. R. (2014). Efecto de metabolitos secundarios de las plantas sobre la emisión entérica de metano en rumiantes. *Livestock research for rural development*, 26(11).

Osorio-Hernández, E. (2018). Insectos benéficos asociados al control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Agro productividad*, 11(1).

Tejeda-Reyes, M. A., Solis-Aguilar, J. F., Díaz-Nájera, J. F., Peláez- Arroyo., Ayvar-Serna., & Mena-Bahena, A. (2016). Evaluación de insecticidas en el control de gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) en maíz en cocola, guerrero. *entomología agrícola*, 3(1), 391–394.

Sánchez-K, J. Gabriel. (2019). Riqueza de especies, clasificación y listado de las gramíneas (Poaceae) de México. *Actabotánica mexicana*, 126p. <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1379>

Silva, G., Lagunes, A., Rodríguez, J. C., & Rodríguez, D. (2002). Insecticidas vegetales: una vieja y nueva alternativa para el manejo de plagas.



Feria Mexicana de Ciencias e Ingenierías

¡CONVOCATORIA ABIERTA!
Cierre del registro **17 de octubre del 2025**
a las **15:00 horas.**

www.cocyted.gob.mx





2022 **DURANGO** 2028
GOBIERNO DEL ESTADO

COCYTED
CONSEJO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEL ESTADO DE DURANGO