

Sociedades rurales, producción y medio ambiente

ISSN 2007-7556



Revista semestral del Departamento de Producción Agrícola
y Animal de la UAM-X

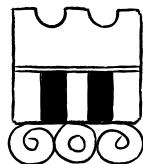


Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO

50
Julio-Diciembre
2025

Sociedades rurales, producción y medio ambiente

Sociedades rurales, producción y medio ambiente



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Rector General
Dr. Gustavo Pacheco López

Secretaria General
Dra. Esthela Irene Sotelo Núñez

UNIDAD XOCHIMILCO

Rector
Dra. Ma. Angélica Buendía Espinosa

Secretaria
Dra. Irma Gabriela Anaya Saavedra

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

Director
Dr. Luis Amado Ayala Pérez

Jefe del Depto. de Producción Agrícola y Animal
Mtro. Iván Pável Moreno Espíndola

Director de la revista
Adolfo Álvarez Macías

COMITE EDITORIAL

Ciencias Agrícolas
Dr. Carlos H. Ávila Bello
Centro de Estudios Interdisciplinarios de Agrobiodiversidad
(CEIAbio)
Universidad Veracruzana

Dr. Rodolfo Figueroa Brito
Centro de Desarrollo de Productos Bióticos
Instituto Politécnico Nacional

Dr. Daniel Ruiz Juárez
Departamento de Producción Agrícola y Animal
Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco

Ciencias Pecuarias
Dr. Carlos Arriaga Jordán
Instituto de Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural
Universidad Autónoma del Estado de México

Dr. Luis Corona Gochi
Jefe del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. Antonio Martínez García
Departamento de Producción Agrícola y Animal
Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco

Calidad e Inocuidad de Productos Agroalimentarios
Dr. Arturo Camilo Escobar Medina †
Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (Cuba)

Dr. Eduardo Morales Barrera, UAM-X
Departamento de Producción Agrícola y Animal
Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco

Dra. Silvia D. Peña Betancourt
Departamento de Producción Agrícola y Animal
Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco

Economía y Desarrollo Rural
Dra. Tamara Perelmuter
Instituto de Investigaciones Gino Germani (IIGG)
Universidad de Buenos Aires

Acuicultura y Pesca
Dr. Iván Gallego Alarcón

Diseño y formación
D. C. G. Mary Carmen Martínez Santana

Corrección de estilo
D. C. G. Marbella Vianney Olmos Sánchez

SOCIEDADES RURALES, PRODUCCIÓN Y MEDIO AMBIENTE. Año 2025, número 50, Julio-Diciembre de 2025 es una publicación semestral de la Universidad Autónoma Metropolitana, a través de la Unidad Xochimilco, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Departamento de Producción Agrícola y Animal. Prolongación Canal de Miramontes No. 3855, Col. Rancho los Colorines, Alcaldía Tlalpan, Código Postal 14386, Ciudad de México, y Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04960, México, Ciudad de México, Tel. 54837231 y 54837230.

Página electrónica de la revista:
<https://sociedadesruralesojs.xoc.uam.mx/index.php/srpma>
Dirección electrónica: aalvarez@correo.xoc.uam.mx
Editor Responsable Profr. Adolfo Guadalupe Álvarez Macías.
Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título No. 04-2022-092811003900-102, ISSN 2007-7556, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Responsable de la última actualización de este número:
Mary Carmen Martínez Santana.
Fecha de la última modificación: 29 de enero de 2026.
Tamaño del archivo 5167 KB.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Autónoma Metropolitana.

© 2000, Universidad Autónoma Metropolitana, D.R.

Contenido

- 9 Presentación**
Iván Pável Moreno Espíndola
- 11 Editorial**
Adolfo Guadalupe Álvarez Macías
- 15 Política**
Adolfo Guadalupe Álvarez Macías
- 19 Activismos de las organizaciones de la agricultura familiar, campesina e indígena en defensa de las semillas en Argentina**
Tamara Perelmuter
- 39 La soberanía alimentaria en intersección: una mirada intercultural y de género en experiencias agroecológicas en el Suroeste de Jalisco**
Patricia Beas Roque, Peter R. W. Gerritsen
- 51 Análisis multitemporal de cambio de uso de suelo. Su aplicación en un municipio rural de Veracruz, México**
Luis Rojas Pérez, Juan Guillermo Cruz Castillo, Alejandro Monterroso Rivas, Ismael Quiroz Guerrero, Pablo Torres Lima

69 Actividades antrópicas y funcionalidad ecológica de un paisaje costero

Jaime Matus Parada, Iván Ernesto Roldán Aragón, Alejandro Meléndez Herrada

95 Fisiología del estrés y alostasis: mecanismos adaptativos en la resiliencia animal

Daniel Mota Rojas, Agustín Orihuela, Ana C. Strappini, Jhon Buenhombre, Adriana Domínguez Oliva, Ismael Hernández Avalos, Fabiola Torres, Brenda Reyes, Jennifer Rios, Marcelo Ghezzi

135 Producción de carne de cerdo criollo y algunas cualidades para elegir su consumo

Adelfa del Carmen García Contreras, Karla Noemí Córdoba García, Jesús Alberto Guevara González, Araceli Castañeda Ovando, Alondra Orozco

149 Enrofloxacin versus enrofloxacin-colistina, adicionados en la semana inicial en la productividad de pollos de engorda en Jilotepec, Estado de México

Alberto Robles Garza, Brenda M. Fuentes Cruz, J. Eduardo Morales Barrera, Humberto Vaquera Huerta, Emilio Reyes Sánchez

159 Guía de autores

Adolfo Guadalupe Álvarez Macías

Presentación

Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente: 25 años tendiendo puentes entre la realidad y el quehacer universitario en el ámbito rural.

Desde hace un cuarto de siglo, la revista *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* se ha presentado como un espacio relevante en la formación de las nuevas generaciones de profesionales de las Ciencias Agropecuarias y Biológicas principalmente, sirviendo también como medio para la extensión y la vinculación, actividades sustantivas de nuestro quehacer Universitario. La revista se crea como una ventana para entender e interactuar con la complejidad del México rural, un sector donde confluyen la agricultura campesina y los agronegocios, la defensa de los bienes comunes y las presiones extractivistas, la migración y la búsqueda de soberanía alimentaria (al menos en algunas de las líneas discursivas del Poder Ejecutivo). En este contexto, la publicación ha servido como un medio abierto para la formación de estudiantes de las Licenciaturas en Agronomía y Medicina Veterinaria y Zootecnia al ser una fuente primaria de casos de estudio en sus trabajos modulares; ha sido un espacio útil en la formación de nivel posgrado abriendo la posibilidad de visibilizar sus investigaciones y de dialogar con la comunidad científica. Para el personal académico, ha permitido compartir algunos de los resultados y los avances en relación a problemas de interés nacional que se abordan desde la Universidad. Celebrar 25 años invita a dar una mirada introspectiva que permita reconocer aspectos relevantes para el mejor cumplimiento de los aportes de la revista en la investigación, la formación y la vinculación. Acelerar los procesos de indexación en bases de datos de alto impacto, aumentando la visibilidad internacional del trabajo de nuestras y nuestros académicos y estudiantes, crear secciones específicas para la presentación de “Avances de Investigación” o “Notas de Campo”, dirigido a estudiantes de posgrado donde puedan publicar con agilidad hallazgos preliminares, fortalecer el papel de la revista como herramienta de vinculación, promoviendo números especiales coeditados con otros actores sociales, dirigidos por ejemplo

al análisis de políticas públicas o a estudios que evalúen proyectos de intervención desarrollados desde la Universidad o en colaboración con comunidades, son algunos de los desafíos de fondo que la revista puede plantearse.

De fondo y con la indispensable participación de la comunidad académica del Departamento de Producción Agrícola y Animal, pueden replantearse o incluirse aspectos críticos en el análisis de las ruralidades existentes en México, de cara a visiones como la innovación tecnológica en múltiples escalas productivas, la visión desde el territorio, la extensión intensiva, las alianzas científico-campesinas, las diversas formas de organización agraria, las políticas y las acciones en relación a la soberanía alimentaria, todas existentes en el Sur Global. La revista como un espacio de discusión, encuentro y referencia respecto a las Sociedades Rurales en México y en otros países, puede enriquecer nuestras visiones y plantarnos desafíos tanto en la investigación que se realiza, como en el propio modelo de comunicación mediante la revista.

En el número de aniversario que se presenta, se aprecia una muestra de las tensiones y alternativas del siglo XXI en el ámbito rural; el conjunto de contribuciones que la persona lectora podrá conocer, muestra el espíritu de la revista: un diálogo necesario entre ecología política y agronomía, entre la sociología rural y la zootecnia, entre el trabajo con comunidades y el trabajo desde el laboratorio. Los artículos de este número ejemplifican la amplitud y profundidad de nuestras miradas.

A 25 años de su creación, la revista *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* se proyecta como una ventana abierta a la comunidad universitaria. Al sector de estudiantes: encuentren en la revista una herramienta de aprendizaje, también abierta a sus contribuciones. Al personal académico del Departamento y de otras instituciones: continúen contribuyendo a la construcción y fortalecimiento de un espacio académico de calidad,

orientado a la ciencia abierta y dispuesto a la mejora continua. A las personas egresadas: su experiencia profesional es necesaria, les invitamos a compartir sus conocimientos y análisis desde el campo de la práctica profesional. A las organizaciones sociales y productivas: este puede ser un espacio de diálogo y análisis, crítico y autocrítico, sus voces y demandas deben conocerse e integrarse en la agenda de investigación, especialmente en las instituciones públicas.

En el año 2026, la revista *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* se reinventa para ser un recinto de ideas, un puente entre laboratorios, aulas y realidad. Que este número de aniversario sea el primer paso de ese largo camino. Desde el Departamento de Producción Agrícola y Animal de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, felicito a la comunidad y a las personas que, en lo individual, han dado vida y conducción a la revista.

Mtro. Iván Pável Moreno Espíndola
Jefe del Departamento de Producción
Agrícola y Animal
Universidad Autónoma Metropolitana

Editorial

Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente mantiene, desde hace 25 años una trayectoria de publicación regular, refrendando su compromiso institucional con la difusión del conocimiento. Esta continuidad ha sido posible gracias al respaldo del Departamento de Producción Agrícola y Animal de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. La revista tiene como propósito difundir avances científicos, tecnológicos y humanísticos, así como análisis sobre los desafíos emergentes del medio rural y del sistema agroalimentario en México y en otras latitudes: la gestión de los recursos naturales; los recursos genéticos; las tecnologías agrícolas y pecuarias; el bienestar animal; y los temas vinculados con el mercadeo, la inocuidad y la alimentación humana, entre otros.

En consonancia con el contexto de austeridad que atraviesan nuestra Universidad y la economía nacional, la revista continúa fortaleciendo sus procesos editoriales y la administración eficiente de sus recursos; por ello, se publica exclusivamente en formato digital. En los últimos volúmenes se ha mantenido un número alto de colaboraciones, lo que en ocasiones ha generado retrasos en su aparición. No obstante, ha sido posible ampliar y sostener la comunicación con autoras y autores, así como con personas revisoras, y avanzar hacia los estándares de calidad que demandan los índices de revistas científicas.

En este marco, reconocemos de manera especial las aportaciones de autoras y autores, dictaminadoras y dictaminadores, y del equipo editorial, cuya labor ha sido fundamental para la mejora continua de la revista. Asimismo, se mantiene abierta la convocatoria para que investigadoras e investigadores de instituciones nacionales y del extranjero, desde las diversas disciplinas relacionadas con el desarrollo de las sociedades rurales, la producción agrícola, pecuaria, forestal y pesquera, los territorios y el medio ambiente, presenten contribuciones derivadas de sus investigaciones. Estos trabajos resultan clave para comprender y atender problemáticas tan relevantes como la inseguridad alimentaria, los bajos niveles de productividad vegetal y animal, el deterioro de los recursos natura-

les, la degradación ambiental y la pobreza rural, factores que alimentan el desarrollo desigual y obstaculizan un desarrollo agropecuario, agroalimentario y rural sostenible, equitativo y competitivo.

En este número de aniversario presentamos un conjunto de investigaciones que refleja la vocación interdisciplinaria de la revista, con contribuciones que abarcan desde la sociología rural hasta la zootecnia aplicada.

En el ámbito socioambiental y de defensa territorial, Tamara Perelmuter abre el debate sobre el papel de las organizaciones de la agricultura familiar, campesina e indígena en la defensa del germoplasma como bien común esencial para la soberanía alimentaria y la biodiversidad. Su trabajo analiza la mercantilización de las semillas a partir de transformaciones en los modelos agrícolas y en los regímenes de propiedad intelectual, así como las formas de resistencia de estas organizaciones. El estudio se centra en Argentina y examina estrategias legales —en torno a la modificación de la Ley de Semillas— y territoriales, que incluyen prácticas de mejoramiento, conservación e intercambio de semillas locales.

Por su parte, Patricia Beas Roque y Peter R. W. Gerritsen aportan una mirada intercultural y de género sobre la soberanía alimentaria y la agroecología, destacando la interseccionalidad como herramienta de análisis. A partir de un trabajo realizado en la región indígena de Cuautitlán, Jalisco, el artículo muestra que los roles de género dificultan la participación de las mujeres y que la falta de diálogo intercultural limita las acciones conjuntas. Bajo una perspectiva de género, dicho diálogo permitiría avanzar hacia sociedades más justas y equitativas.

La gestión del territorio y el impacto ambiental se abordan con rigor técnico en el análisis multitemporal del cambio de uso de suelo en Veracruz, presentado por Luis Rojas Pérez y colaboradores. Mediante el estudio de la cobertura forestal en Huatusco —una región con

alta diversidad de usos del suelo y énfasis en la producción de café (*Coffea arabica* L.)— se estiman los cambios ocurridos y se discute la utilidad de la metodología para la planeación territorial y la conservación de los recursos naturales en los municipios de México.

En el paisaje costero de Chautengo, Guerrero, Jaime Matus y coautores analizan las posibilidades de mejorar la colaboración comunitaria y de construir alternativas para el uso sostenible de los recursos. El trabajo diagnostica los cambios de uso de suelo, la fragmentación, el riesgo de erosión y la avifauna, a la par de las actividades antrópicas que afectan la funcionalidad del paisaje y de las particularidades de la organización local. Los autores subrayan la necesidad de fortalecer el desarrollo comunitario y las redes sociales como base para la sustentabilidad.

En el eje de producción animal y bienestar, Daniel Mota Rojas y su equipo parten de la premisa de que el estrés desempeña un papel crucial en la modulación de respuestas anatómicas, fisiológicas y cognitivas en animales domésticos y silvestres. El artículo explora cómo el estrés, el eustrés y la alostasis operan como mecanismos adaptativos frente a desafíos ambientales, y analiza sus efectos, los factores que los desencadenan y sus implicaciones en la interacción humano-animal y en la capacidad de adaptación de distintas especies.

En una línea vecina, Adelfa del Carmen García y colaboradores revalorizan los recursos zoogenéticos locales mediante un estudio sobre la carne de cerdo criollo. Señalan que la producción de cerdo criollo en México ha crecido desde inicios de este milenio, aunque no existen estadísticas oficiales consolidadas. Si bien el rendimiento en canal de los cerdos criollos es menor que el de las razas comerciales, la calidad de la carne destaca por su terneza, jugosidad, sabor y aroma. Estas características derivan de la genética de las razas criollas, de las prácticas de alimentación y de los sistemas de producción.

Finalmente, Alberto Robles Garza y colegas comparan dos tratamientos antibióticos incorporados en el agua para aves: enrofloxacina versus enrofloxacina-colistina. Se evaluaron parámetros productivos como consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia. Se concluye que la combinación de enrofloxacina-colistina, adicionada con probióticos a los 49 días, reduce el consumo de alimento y mejora la conversión alimenticia, incrementando la productividad.

Los trabajos incluidos en este número conmemorativo se publican gracias a la respuesta de las y los autores a una invitación especial, por lo que les expresamos nuestro más sincero agradecimiento. Asimismo, reconocemos a quienes, a lo largo de los 25 años de la revista, han contribuido con los resultados de sus investigaciones: sus artículos han coadyuvado a construir un archivo vivo de preguntas, métodos, evidencias y propuestas para comprender –y transformar– las realidades rurales. De igual modo, agradecemos a las y los revisores, a la correctora de estilo, al equipo de edición y, en general, a todas las personas que con su esfuerzo y talento han sostenido esta publicación.

Profr. Adolfo Guadalupe Álvarez Macías
Director de la Revista

Política

Al presentar este número de diciembre de 2025, la revista *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* (SRPMA), adscrita al Departamento de Producción Agrícola y Animal de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Unidad Xochimilco, celebra un hito fundamental: su vigésimo quinto aniversario. Mantener una publicación científica de calidad durante un cuarto de siglo representa un esfuerzo colectivo de gran magnitud. Por ello, expresamos nuestro más sincero agradecimiento a las autoridades de la UAM Xochimilco, a la División de Ciencias Biológicas y de la Salud y, particularmente, al Departamento de Producción Agrícola y Animal, por el respaldo institucional que permite sostener este proyecto editorial universitario con una clara vocación pública.

Asimismo, reconocemos la generosidad intelectual y el compromiso de las autoras y los autores, el trabajo fundamental y a menudo silencioso de las y los revisores, y la dedicación del equipo editorial y técnico que gestiona los procesos de evaluación, edición y publicación. La política editorial se ha fundamentado en esta corresponsabilidad para fortalecer los mecanismos de dictamen y avanzar en términos de calidad y visibilidad académica.

Este aniversario ocurre en un momento histórico particularmente exigente para el sector agroalimentario, ya que se encuentra presionado por una combinación de crisis: i) persistencia de pobreza y desigualdades en los territorios rurales; ii) degradación de los recursos naturales y del medio ambiente, derivados de sistemas intensivos y tecnologías inadaptadas al desarrollo sostenible y resiliente; iii) reconfiguración de cadenas agroalimentarias, con mayor concentración económica y asimetrías de poder; iv) incremento y volatilidad de costos de insumos (energía, fertilizantes, alimentos balanceados, transporte), que estrechan márgenes y transfieren riesgos hacia productores primarios; v) precios agrícolas frecuentemente insuficientes en origen frente a mercados altamente intermediados; vi) la persistencia de plagas y enfermedades así como de esquemas de calidad e inocuidad parciales y

vii) la intensificación de la crisis climática, que multiplica sequías, inundaciones, pérdidas de cosecha, deterioro de suelos, agua y atmósfera y estrés térmico en vegetales y animales.

En el sector agropecuario mexicano estas tensiones se expresan con especial intensidad, por la heterogeneidad estructural del campo: conviven regiones altamente integradas a mercados globales con territorios campesinos e indígenas que sostienen buena parte de la diversidad biocultural y alimentaria del país, pero enfrentan rezagos históricos en infraestructura, tecnología, financiamiento, acceso al agua, comercialización, asistencia técnica y protección social.

En ese marco, la pobreza rural no es un dato residual: constituye un determinante central de la inseguridad alimentaria, la precarización laboral, la baja productividad y el debilitamiento del tejido comunitario. La migración —interna y transfronteriza— continúa siendo una estrategia de sobrevivencia ante la falta de oportunidades, el deterioro ambiental y, en algunos territorios, la violencia. La salida de jóvenes, la feminización de las responsabilidades productivas y de cuidado, así como el envejecimiento rural, plantean desafíos críticos en términos de relevo generacional y reproducción social. Mientras que los productores enfrentan una tormenta perfecta económica: el encarecimiento de insumos (fertilizantes y energéticos) convive con la volatilidad y bajos precios de los productos agrícolas, derivados de mercados asimétricos y cadenas de valor polarizadas.

Al mismo tiempo, el cambio climático deja de ser un escenario futuro para convertirse en condición presente de la producción: altera fenologías, disponibilidad hídrica, rendimientos, calendarios agrícolas, incrementa plagas y enfermedades y exige decisiones productivas bajo incertidumbre.

Mirando hacia el futuro, SRPMA reafirma su vocación de consolidarse como un ámbito académico plural que articule, con rigor científico y visión humanista, los debates sobre producción agropecuaria, sistemas alimentarios, territorios y sociedades rurales, transición agroecológica, justicia rural y transformaciones socioambientales. Desde su origen, la revista se propuso difundir investigación original y enfoques multidisciplinares —sociales, biológicos, económicos y alimentarios— orientados a comprender y enfrentar los desafíos del desarrollo rural y la gestión territorial, aspirando a ser un espacio donde la ciencia converja con la realidad social para contribuir a la construcción de una sociedad más digna y sustentable.

Cumplir 25 años de labor editorial ininterrumpida nos obliga no solo a la conmemoración, sino a una reflexión profunda sobre el contexto global y nacional que ha enmarcado nuestra trayectoria. Entre las medidas impostergables destacan:

1. Justicia económica en las cadenas agroalimentarias. Se requieren mecanismos que reduzcan la captura de valor por intermediación y concentración, y que fortalezcan el protagonismo de las y los productores mediante fortalecimiento de cooperativas y organizaciones, transparencia de mercados, infraestructura de acopio y frío esquemas de financiamiento adecuados y políticas públicas con enfoque social.
2. Transición agroecológica y manejo sustentable de recursos. Implica reducir dependencia de insumos externos, diversificar sistemas, restaurar suelos y paisajes, proteger la agrobiodiversidad y reconocer el papel estratégico de semillas nativas y sistemas locales de innovación. Los vínculos agricultura-ganadería, el afinamiento de sistemas agropastoriles, el bienestar animal y la restauración de sistemas forestales entran en esta temática.

3. Elevar productividad e ingresos. Producir en territorios marginados y con bajo potencial productivo, además de la escasa incorporación de tecnología y falta de acceso a mercados ha provocado que los rendimientos agropecuarios sean limitados y por ende, con baja capacidad para generar ingresos suficientes. Para ello se requieren modelos productivos adaptados, tecnología selectiva, organización y asistencia técnica que, incluya, acceso a mercados.

4. Adaptación climática con base científica y saberes locales. Gestión integral del agua, cosecha de agua, infraestructura de riego eficiente, sistemas de drenaje variedades y razas adaptadas, servicios climáticos para la toma de decisiones, seguros y fondos de riesgo, y ordenamiento territorial que reduzca exposición y vulnerabilidad.

5. Enfoque de derechos, género y juventudes. No habrá resiliencia sin equidad: acceso a tierra, agua, crédito, asistencia técnica y participación real de mujeres y jóvenes; y políticas que reconozcan el trabajo de cuidados y la centralidad de los pueblos indígenas en la custodia territorial.

6. Salud, calidad e inocuidad de productos agropecuarios y alimentarios. La sanidad vegetal y la salud animal necesitan reforzarse para construir la calidad de los productos agroalimentarios desde la base, la cual se debe mantener a lo largo de todos los sistemas alimentarios. Al mismo tiempo, los dispositivos de inocuidad deben aplicarse para todos los territorios y productos, en especial, entre los actores sociales y territorios más marginados. En esa medida se puede fomentar el acceso a mercados, al comercio justo y contribuir a la salud de los consumidores.

7. Investigación y extensión articuladas a problemas reales. La innovación no puede limitarse a paquetes tecnoló-

gicos: debe integrar salud humana, animal y ambiental; bioseguridad; bienestar animal; calidad e inocuidad; y estrategias de valor agregado con identidad territorial.

En este entramado, SRPMA ha contribuido como plataforma académica para analizar críticamente las transformaciones rurales y proponer alternativas, su objetivo de comunicar avances multidisciplinarios en ciencias agrónomas, zootécnicas, sociales, económicas y biológicas busca incidir en la discusión del desarrollo sustentable y en la construcción de soluciones frente a retos globales. Con una periodicidad semestral sostenida desde el año 2000, la revista se consolida como un espacio abierto y crítico regido por la equidad y la sostenibilidad.

De cara al futuro, pretendemos consolidar a *Sociedades Rurales, Producción Agrícola y Medio Ambiente* como un referente académico. En un tiempo de incertidumbre, la revista renueva su compromiso de abrir espacios para la discusión documentada y la construcción de alternativas que hagan del campo, de los sistemas agroalimentarios, de las sociedades y de los territorios rurales, lugares posibles para la vida digna, la justicia social y la sostenibilidad.

Prof. Adolfo Guadalupe Álvarez Macías
Director de la Revista

Activismos de las organizaciones de la agricultura familiar, campesina e indígena en defensa de las semillas en Argentina

Tamara Perelmuter¹

Resumen. Este artículo examina el rol de las organizaciones de la agricultura familiar, campesina e indígena (AFCI) en los activismos que defienden las semillas como bienes comunes cruciales para la soberanía alimentaria y la biodiversidad. La AFCI abarca diversos actores que se basan en la mano de obra familiar y la propiedad, total o parcial, de los medios de producción. Se destaca su carácter colectivo y político, enfatizando su papel en la protección de las semillas. El estudio aborda el proceso de mercantilización de las semillas a través de cambios en modelos agrarios y derechos de propiedad intelectual, y la resistencia de las organizaciones de la AFCI ante estas dinámicas. El enfoque se centra en Argentina, analizando dos tipos de activismos: i) Jurídicos, en torno a la modificación de la Ley de Semillas, y ii) Territorializados, que incluyen prácticas de mejoramiento, conservación e intercambio de semillas locales.

Palabras clave: Semillas; Activismos; Agricultura familiar campesina e indígena.

Abstract. This article examines the role of family, peasant, and indigenous agriculture (AFCI) organizations in activism defending seeds as crucial commons for food sovereignty and biodiversity. The AFCI includes various actors who rely on family labor and the total or partial ownership of production means. The study highlights their collective and political character, emphasizing their role in seed protection. It addresses the process of seed commodification through changes in agricultural models and intellectual property rights, and the AFCI organizations' resistance to these dynamics. The focus is on Argentina, analyzing two types of activism: i) Legal, concerning the modification of the Seed Law, and ii) Territorial, involving practices of improving, conserving, and exchanging local seeds.

¹ Lic. en Ciencia Política y Dra. en Ciencias Sociales (UBA). Investigadora del Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Agricultura Familiar (CIPAF)- INTA y coordinadora del Grupo de Estudios de Ecología Política desde América Latina (GEEPA), IEALC. ORCID: 0000-0003-4331-1872. Correo electrónico: tamiperelmuter@gmail.com

Keywords: Seeds; Activism; Family peasant and indigenous agriculture.

INTRODUCCIÓN

Desde el inicio de la agricultura, las semillas han sido consideradas bienes comunes, ya que las y los agricultores y agricultoras las han mejorado, recolectado, almacenado y conservado, manteniendo así su control. Las semillas son fundamentales en las cadenas agroalimentarias, ya que su tenencia y circulación influyen directamente en la soberanía alimentaria (Edelman, 2016). Quien controla las semillas ejerce dominio sobre la cadena productiva y la disponibilidad de alimentos, convirtiéndolas en una fuente de poder y conflicto. Las y los productores de la agricultura familiar, campesina e indígena (AFCI) dependen de ellas para la reproducción de sus vidas y de sus familias, mientras que las empresas biotecnológicas reconocen su valor estratégico para dominar la agricultura a nivel global (Kloppenburger, 2005).

En este artículo exploramos el papel que las organizaciones de la AFCI desempeñan en los activismos dedicados a la defensa de las semillas. El término AFCI abarca un grupo diverso de actores e identidades, como pequeños productores, minifundistas, campesinos, chacareros, colonos, medieros, productores familiares, trabajadores rurales sin tierra, pueblos originarios y agricultores urbanos/periurbanos. Es una construcción política reciente en América Latina que hace referencia a categorías sociales preexistentes en el medio rural, con el objetivo de otorgarles una nueva connotación social, simbólica y de identidad (Schneider y Escher 2014). Algunas definiciones destacan las características económico-productivas del sector (Obschatko 2009), mientras que otras lo consideran una “forma de vida” y una “cuestión cultural” (FONAF, 2006).

En este trabajo, definimos a las y los agricultores familiares, campesinos e indígenas como aquellos que residen en el medio rural y trabajan en la agricultura

junto con sus familias (López Castro, 2019). A pesar de la diversidad de situaciones en cuanto a la tenencia de la tierra, estos productores son propietarios de la totalidad o parte de sus herramientas de trabajo (Ley 27.118, 2014). Sin embargo, al incorporar las perspectivas de otros autores (Urcola 2024; Caballero et al. 2010), nos centraremos en el carácter colectivo y político de estos sujetos, así como en su experiencia organizativa. Nuestro objetivo es contribuir al estudio del campo asociativo de la AFCI, entendido como un “espacio de interlocución para canalizar demandas, reivindicar derechos y promover políticas diferenciales” (Urcola, 2024, p.11).

Tras la crisis de los años setenta, se consolidó un nuevo movimiento de cercamientos (Midnight Notes Collective 2012; Federici, 2020), a partir del cual lo común - o no subsumido del todo a las lógicas del mercado -, recorre un proceso de mercantilización. En el caso de las semillas, este movimiento ocurre a través de dos mecanismos: el cercamiento agrario, que refiere a los distintos modos que acompañan los cambios técnicos de semillas, y el cercamiento jurídico, que modifica los derechos de propiedad intelectual (DPI) (Perelmuter, 2021). A pesar de la consolidación de estos procesos, muchas semillas utilizadas en los países del sur global, aún provienen de fuentes locales o sistemas informales, destacando su relevancia continua para la alimentación global (Felicien, 2021).

En las últimas décadas se evidencia un aumento en todas las escalas (global, nacional y local) de los activismos en defensa de las semillas (Kloppenburger, 2008 2005; Peschard y Randeria, 2020), fenómeno que abarca diversas acciones que se oponen al cercamiento de las semillas, al mismo tiempo que defienden los derechos individuales y colectivos sobre ellas. Según Peschard y Randeria (2020), las y los productores de la AFCI, que no están plenamente integrados en el mercado de semillas

o dependen parcialmente de él, son los principales actores en la defensa de las semillas. Su supervivencia está estrechamente ligada a la capacidad de reproducir sus propias semillas. Frecuentemente, se les niega el derecho a guardar e intercambiar semillas y pueden enfrentar acciones legales por violar los derechos de propiedad intelectual (DPI).

Este estudio se enfoca en Argentina por varias razones históricas y actuales: 1. Posee un sistema de semillas desarrollado y adoptó tempranamente estrategias de apropiación; 2. En los noventa, introdujo semillas transgénicas, transformando su modelo agroalimentario; 3. Desde 2012, ha intentado reformar la Ley de Semillas para brindar mayor seguridad a las empresas y restringir los derechos de productores. Sin embargo, estos esfuerzos no han prosperado por la resistencia de diversos sectores, especialmente organizaciones de la AFCI, y por posturas no monolíticas dentro del Estado.

Este trabajo analiza las disputas en torno a las semillas en Argentina, enfocándose su cercamiento y en los activismos que buscan preservarlas como bienes comunes, con las organizaciones de la AFCI como actores clave. Se examinan legislaciones y declaraciones de estas organizaciones, abordando activismos jurídicos defensivos (resistencia a la reforma de la Ley de Semillas) y propositivos (promoción de herramientas legales y políticas públicas), así como activismos territorializados orientados a la conservación y difusión de semillas locales, todos con el objetivo de asegurar su acceso.

Cercamientos y sistemas de semillas en disputa

Las semillas son el reservorio de la vida, portadoras de los caracteres esenciales para la continuidad de la especie

(Bonicatto, May y Tamagno, 2020), y al mismo tiempo, constituyen una construcción bio-socio-cultural compleja (Schneider, 2021). Desde los inicios de la agricultura, han sido vistas como bienes comunes (Edelman, 2016), mejoradas y compartidas por las y los agricultores, quienes han mantenido el control sobre ellas. Su conservación ha dado lugar a miles de variedades adaptadas a diferentes ecosistemas y culturas (Brush, 2000), un proceso esencial para la agricultura que es tanto una creación individual como colectiva.

El cercamiento de las semillas se da a través de dos mecanismos interconectados (Perelmuter, 2021). El cercamiento agrario implica cambios en los modelos de producción vinculados a las innovaciones en las semillas. Aunque el control monopólico se vea dificultado debido a su capacidad de reproducción (Kloppenburger, 2005), el capital ha desarrollado estrategias como las semillas híbridas, que reducen su rendimiento en la segunda generación (Pengue, 2005). Este avance fue clave en el crecimiento de las grandes semilleras, consolidado con la Revolución Verde y la industrialización de la agricultura (Edelman, 2016). La consolidación de los agronegocios representa la expresión del capitalismo neoliberal en el agro (Gras y Hernández, 2013), con un modelo basado en la valorización de mercancías agrícolas y el acaparamiento de tierras por transnacionales, donde la biotecnología aplicada al agro, especialmente con semillas transgénicas, juega un papel central (Newell, 2009).

El cercamiento jurídico, en tanto, refiere a los cambios en los mecanismos legales de apropiación de semillas. El libre acceso a materiales vegetales para mejoramiento genético se debilitó con la aparición de los DPI sobre semillas que contemplan dos formas: i. Las patentes, que son derechos exclusivos otorgados por el Estado a una invención. Con la biotecnología, éstas se extendieron a las semillas transgénicas, patentando la manipulación

genética específica (Perelmuter, 2021)². ii. Los derechos de obtentor (DOV), otorgados a quienes producen variedades mejoradas de semillas agrícolas, permitiendo su explotación exclusiva. Fueron institucionalizados con la UPOV (Unión para la Protección de Variedades Vegetales) en 1961. La versión de 1978 del convenio contempla el “derecho de los agricultores” a reproducir y utilizar libremente sus semillas, siempre que no sea para la venta, conocido como el “uso propio” de las semillas.

Asimismo, en el marco de la Revolución Verde se implementaron en todos los países leyes de semillas que hacen referencia a las reglamentaciones en torno a la certificación, la fiscalización y la comercialización de semillas; esto es, qué materiales pueden venderse en el mercado y bajo qué condiciones (Felicien, 2016).

Desde los años noventa, los DPI se vienen intensificando. En 1991, la UPOV se modificó para limitar los derechos de los agricultores sobre sus semillas. En 1995, la OMC estableció el Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio (ADPIC), y los tratados de libre comercio se centraron en los DPI (Rodríguez Cervantes, 2013). Muchos países del Sur Global han reformado sus leyes de semillas para alinearse con estas normativas comerciales, otorgando control sobre la cadena agroalimentaria a unas pocas empresas.

Las semillas, además de ser la base del proceso productivo, están asociadas a distintas tecnologías y prácticas de manejo (May, Bonicatto y Otero, 2020). Por lo tanto,

no existe un solo tipo de semillas y su diversidad implica disputas por su definición y sentido. El interrogante que guía este trabajo y nos permitirá clasificarlas es acerca de quiénes, dónde y para qué se realizan los procesos de custodia, selección y mejoramiento (Bonicatto, May y Tamagno, 2020). Asimismo, estas semillas participan de distintos sistemas a los que nos referiremos a continuación.

Sistema formal de semillas

Las denominadas semillas mejoradas, comerciales o industriales (Chacón y García, 2016; Bravo, 2017) son producto de técnicas de mejoramiento genético, presentan características definidas y son estables en las mismas. En esta categoría se encuentran las variedades de polinización abierta (OP)³, las semillas híbridas⁴ y las transgénicas⁵.

Actualmente el mercado de estas semillas es uno de los más concentrados y está controlado por cuatro empresas transnacionales que controlan más del 50% del mercado mundial: Bayer-Monsanto, Corteva (fusión de Dow y

² El punto de inflexión fue en 1980 con el fallo *Diamond-Chakrabarty* de la Corte Suprema de EE. UU., que permitió patentar una bacteria modificada para separar componentes del petróleo, al considerarla una manufactura por su origen en manipulación genética.

³ Las variedades son conjuntos de semillas dentro de una especie con características definidas, homogéneas y estables, que se pueden conservar y transmitir a su descendencia. En las variedades de polinización abierta (OP), la fertilización ocurre por agentes como abejas, viento o lluvia, y la semilla produce la misma planta al año siguiente. Algunas plantas OP también se autopolinizan.

⁴ Es el resultado de cruzar dos líneas genéticas con características deseables, produciendo una semilla con un rendimiento superior gracias al vigor híbrido. Este proceso rompe la identidad semilla-grano, separando al agricultor de la capacidad de replantar y creando dependencia de las empresas proveedoras de insumos.

⁵ Son aquellas semillas cuyo genoma ha sido modificado mediante ingeniería genética, bien para introducir uno o varios genes nuevos o para modificar la función de un gen propio.

Dupont), ChemChina-Syngenta y BASF (ETC, 2022). Asimismo, forman parte del denominado sistema formal o de semilla certificada (Louwaars, 2007), que se caracteriza por tener una organización vertical de la producción y distribución de las mismas (Llamas Guzmán, 2020).

Argentina posee un sistema formal de semillas muy desarrollado y fue pionera en América Latina en su protección mediante DPI, con la Ley de Granos y Elevadores N° 12.253 de 1935 y la Ley de Semillas y Creaciones Fitogenéticas de 1973, aún vigente. El INASE (Instituto Nacional de Semillas) regula este sistema, abarcando la producción, certificación y comercialización de semillas, y brindando protección a la propiedad de los cultivares mediante DOV. Además, el artículo 27 de la ley reconoce el uso propio de las semillas.

En 1996, Argentina adoptó tempranamente las semillas transgénicas con la soja Roundup Ready (RR), resistente al glifosato, y reestructuró en 1991 sus instituciones creando la Comisión Nacional de Biotecnología Agropecuaria (CONABIA) para regular a las semillas transgénicas (Poth, 2020). A lo largo de los años, este modelo se consolidó mediante leyes, regulaciones y políticas de ciencia y tecnología (Perelmuter, 2021). Todos los gobiernos, sin importar su orientación política, promovieron los cultivos transgénicos, estableciendo una “biohegemonía” basada en la agricultura biotecnológica (Newell, 2009)⁶. Sin embargo, este proceso no fue lineal y coexistió con

políticas contradictorias entre el agronegocio y la AFCI⁷ (Perelmuter, 2020). La intensificación de los desarrollos biotecnológicos y las presiones internacionales llevaron a revisiones de la legislación nacional sobre propiedad intelectual: en 1991 se modificó el Reglamento de la Ley de Semillas, en 1994 el país adhirió a UPOV 78, y en 1995 se reformó la Ley de Patentes, aunque sin permitir del todo el patentamiento de organismos vivos (Díaz Ronner, 2013).

Cercamientos y sistemas de semillas en disputa

Desde 2012, se han hecho intentos sistemáticos por modificar la ley de semillas para brindar mayores certidumbres económicas a las empresas, recortando los derechos de los productores al uso propio de sus semillas. A finales de 2019, un dictamen aprobado por el gobierno de Mauricio Macri (2015-2019) perdió estado parlamentario al no contar con apoyo suficiente. Por lo tanto, la ley de semillas de 1973 sigue vigente. Sin embargo, en diciembre de 2023, el recién asumido gobierno de Javier Milei presentó un proyecto de “Ley Ómnibus” que incluía la

⁶ Para agosto de 2024, el país contaba con la aprobación de 70 eventos transgénicos. De estos, 22 corresponden a soja, 42 a maíz, 8 a algodón, 1 evento para cártamo y 2 para alfalfa. Finalmente, hay 2 eventos aprobados para variedades de trigo con tecnología HB4, resistente a la sequía y al glufosinato de amonio. <https://www.argentina.gob.ar/agricultura/alimentos-y-bioeconomia/ogm-vegetal-eventos-con-autorizacion-comercial>

⁷ El conflicto generado por la Resolución 125/08 sobre retenciones móviles impulsó un rediseño de las políticas de desarrollo rural para regular la actividad agropecuaria y mitigar los efectos negativos del avance de los agronegocios. En 2008 se creó la Subsecretaría de Desarrollo Rural y Agricultura Familiar, que en 2009, al transformarse la SAGPyA en el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP), se elevó a Secretaría. Previamente, en 2005, el INTA había creado el Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología para la Pequeña Agricultura Familiar (CIPAF) y una estrategia federal para establecer institutos en cada macrorregión del país.

adhesión de Argentina a la versión 1991 de UPOV. Aunque este artículo fue retirado de la versión final de la ley, el debate sobre los DPI sobre las semillas volvió al centro de la escena.

Sistema informal(izado) o de semillas locales

Las semillas locales se desarrollaron a través de la selección y conservación realizada por agricultores en sus territorios, lo que les otorga una gran diversidad genética y capacidad de adaptación a distintas condiciones (Bonicatto, May y Tamagno, 2020). Entre ellas se encuentran las semillas nativas, transmitidas de generación en generación en su lugar de origen; las criollas, adaptadas a nuevos entornos ambientales y culturales; y las acriolladas, descendientes de semillas industriales que han sido adoptadas y ajustadas a las características ambientales y culturales de un territorio.

En Argentina, a pesar del auge del agronegocio, estas semillas continúan existiendo gracias a la labor de organizaciones sociales, académicas y estatales (Perelmuter et al., 2022), formando parte del sistema informal o de semillas locales (Ortíz, 2013; Felicien, 2021). Este sistema aún provee una porción significativa de las semillas utilizadas para producir muchos de los alimentos consumidos en el país. El carácter colectivo de este sistema, bajo ningún punto de vista supone que sea totalmente desregulado, sino que siguen reglas y pautas que son consideradas formales bajo cada contexto local, donde la confianza cumple un rol central (Gutierrez – Escobar, 2015).

No obstante, la línea entre los sistemas formales e informales no siempre es clara; de hecho, a menudo se superponen. Esto se refleja en la existencia de diversas normativas estatales que abordan las semillas locales, como la ley N° 27.118 de “Reparación histórica de la agricultura familiar para la construcción de una nueva ruralidad en la Argentina” (en adelante, “Ley de Reparación Histórica de la AF”)⁸, que asigna al Estado la responsabilidad de promover y conservar las semillas nativas y criollas, además de crear el Centro de Producción de Semillas Nativas (CEPROSENA); y algunas normativas provinciales, como la Ley de Protección de Semillas Nativas y Criollas de Misiones, sancionada en 2020⁹.

En cuanto a políticas públicas, el programa Pro Huerta, ejecutado por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y financiado por el Ministerio de Desarrollo Social, estuvo orientado a la autoproducción de alimentos por familias vulnerables en áreas urbanas y rurales entre 1990 y 2024. Proporcionaba semillas, plántines, árboles frutales, animales de granja y herramientas, junto con capacitación y apoyo técnico (Patrouilleau et al., 2017; Díaz, 1999). Aunque no estuvo diseñado exclusivamente para abordar la cuestión de las semillas criollas, proporcionaba variedades de polinización abierta, muy valiosas para la AFICI ya que permiten replantar semillas año tras año, reduciendo la dependencia de semillas comerciales.

En 2020, la Secretaría de Agricultura Familiar, Campesina e Indígena (SAFICI) puso en marcha el programa “Semillar”, con el propósito de enfrentar los desafíos

⁸ <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/240000-244999/241352/norma.htm>

⁹ <https://agrifam.misiones.gob.ar/wp-content/uploads/2022/09/Ley-VIII-80-SEMILLAS-NATIVAS.pdf>

relacionados con la disponibilidad de semillas y fortalecer la soberanía alimentaria en las comunidades rurales. El programa fue creado con el objetivo no solo garantizar un abastecimiento continuo de semillas nativas y criollas, sino también fomentar la creación y el fortalecimiento de sistemas que permitan el rescate, mejoramiento, multiplicación e intercambio de estas semillas. Estas acciones son fundamentales para mantener y revitalizar la diversidad genética y cultural que sustenta la AFCI (Gaviola, 2020).

El país también está avanzando en la elaboración de una legislación nacional sobre el acceso a recursos genéticos y los conocimientos tradicionales asociados, impulsada por la ratificación de tratados internacionales como el Convenio de Diversidad Biológica (CDB) en 1994, que establece un marco global para la conservación de la biodiversidad; el Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (TIRFAA) en 2015, que regula el acceso y la distribución justa de los beneficios derivados de los recursos fitogenéticos; y el Protocolo de Nagoya en 2017 (Lanari et al., 2023).

Es importante destacar el rol que cumple la ley de semillas en el vínculo entre ambos tipos de semillas. Para la inscripción obligatoria de las variedades agrícolas en los catálogos oficiales se exigen ciertos requisitos como homogeneidad y estabilidad con el objetivo de que puedan ser comercializadas, lo que excluye gran parte de las variedades locales, que no atienden estos parámetros. De esta manera, las leyes de semillas fundaron los criterios para la diferenciación de las mismas: las mejoradas ingresaron al denominado sistema formal; y las locales fueron encasilladas como atrasadas o marginales, y relegadas a lo que caracterizamos como sistema informal, y a la ilegalidad.

Activismos en defensa de las semillas y los derechos de las y los agricultores

Los activismos en defensa de las semillas son fundamentales en el movimiento por la soberanía alimentaria, y comprenden una red diversa y en expansión de coaliciones y conexiones múltiples y entrelazadas. En estas movilizaciones, la AFCI desempeña un papel destacado, operando a nivel local, nacional, regional y global. Su objetivo es proteger las prácticas tradicionales de las y los agricultores, y asegurar el acceso y control autónomo sobre las semillas, enfrentando las políticas de mercantilización y propiedad intelectual impuestas por la industria semillera (Peschard y Randería, 2020)

La soberanía alimentaria surgió como una consigna política en los años 90, en respuesta al avance neoliberal. El movimiento campesino global acuñó este término, que Svampa describe como un “concepto horizonte” (Svampa, 2012). Durante la Cumbre Mundial de la Alimentación de la FAO en 1996, Vía Campesina presentó la idea como el derecho de los pueblos a definir sus propias políticas alimentarias y agrícolas, sin la imposición de prácticas de dumping. La soberanía alimentaria prioriza la producción local, defiende el derecho de los campesinos a producir y de los consumidores a elegir lo que consumen, respetando la diversidad cultural y los modos de producción locales. Además, se opone al libre comercio y a la mercantilización de los alimentos (Edelman, 2016). Este enfoque también abarca demandas como el acceso a recursos, tierra, agua y el control autónomo de los territorios, incluidas las semillas y el conocimiento asociado.

Desde los inicios de la agricultura, las y los productores agropecuarios han obtenido su propia semilla para la siguiente temporada. Con el tiempo, esta práctica se reconfiguró a nivel global bajo la noción de “derechos de los agricultores” reconociendo su contribución al conocimiento, preservación, uso y mejoramiento de los recursos genéticos. El término fue acuñado en la década de 1980 por Pat Mooney y Cary Fowler (Mooney, 1983) quienes destacaron la importancia de proteger el patrimonio agrícola de las comunidades frente a la creciente privatización y control corporativo de las semillas.

En 1983, la FAO adoptó el Compromiso Internacional sobre Recursos Fitogenéticos, y en 2001 el TIRFAA asignó a los gobiernos la responsabilidad de implementar estos derechos (Art. 9.2). Inicialmente percibidos como una respuesta a los derechos de propiedad intelectual sobre variedades vegetales, estos derechos mostraron limitaciones al no garantizar siempre la protección efectiva de los agricultores ante el mercado global, lo que impulsó el desarrollo de nuevas estrategias para fortalecer la autonomía de las comunidades agrícolas y su control sobre los recursos genéticos.

La industria semillera empezó a cuestionar la reutilización de semillas por agricultores, alegando que infringe sus DPI, y propuso limitarla mediante el pago de regalías. Lo que era un derecho en el TIRFAA y la UPOV 78, en la UPOV 91 se redefine como un “privilegio” o “excepción del agricultor”, sujeto a condiciones restrictivas y regalías. Este cambio fue criticado por las organizaciones de las AFCI por favorecer a las grandes corporaciones a costa de las y los agricultores.

Durante la primera década del siglo XXI, se produjo una intensa movilización global sobre las semillas. En 2002, la Vía Campesina lanzó la campaña “Semillas patrimonio de la humanidad” en la Cumbre Mundial de la Alimentación, para enfrentar la apropiación empresarial

de las semillas. En 2004, esta campaña se transformó en “Semillas: patrimonio de los pueblos al servicio de la humanidad”, defendiendo que las semillas pertenecen a las comunidades que las cultivan, pero son un patrimonio para la humanidad, no para la apropiación privada (Peschard y Randeria, 2020). A finales de la década de 2000, la Vía Campesina introdujo el concepto de “soberanía de las semillas”, ligado a la soberanía alimentaria y la autonomía de las y los agricultores. Otro hito en la defensa de las semillas fue la adopción de la Declaración sobre los derechos de los campesinos y otras personas que trabajan en las zonas rurales (UNDRIP) por la ONU en 2018, que reconoce explícitamente el derecho a las semillas y promueve su uso así como la preservación de la agrobiodiversidad (Lizárraga, 2021).

A continuación nos centraremos en aquellos activismos que tienen como su principal disputa el acercamiento jurídico de las semillas, ya sea a partir de acciones que cuestionan a las semillas como material potencial para los DPI y/o mediante el fortalecimiento de los “sistemas vivos de semillas” (Gutierrez Escobar et al., 2016, p. 95), caracterizados por el desarrollo de semillas locales y su vinculación con los territorios.

Como mencionamos anteriormente, son las y los productores de la AFCI quienes están en la primera línea de estas luchas. Sin embargo, la práctica de guardar semillas es común incluso entre grandes y medianos productores de ciertos cultivos. Por esta razón, algunas movilizaciones políticas y legales en torno a las semillas a veces une las demandas de productores y productoras de la AFCI con las de aquellos de mayor escala, que a menudo forman parte de los sistemas formales de semillas (Silva y Gutierrez, 2019). En Argentina, esto se reflejó en acciones realizadas por productores de soja en relación al cobro de regalías y los contratos bilaterales con Mon-

santo por la soja intacta y las regalías extendidas (Casella, 2005)¹⁰.

Nos centramos en dos grupos principales de acciones sociales, que engloban las múltiples actividades desarrolladas por los colectivos: (i) activismos jurídicos, (ii) activismos territorializados.

Activismos jurídicos: entre la resistencia y las construcción de alternativas legales y políticas

Los activismos jurídicos son acciones realizadas por organizaciones sociales, ambientales y de la AFCI con dos posibles orientaciones: 1. Defensivos, para revertir los cercamientos jurídicos de semillas mediante demandas, movilizaciones y presión política contra leyes que restringen el acceso y uso de semillas¹¹. 2. Propositivos, para crear marcos normativos que protejan las semillas locales, a través de propuestas legislativas, participación en consultas y

colaboración con autoridades para defender los derechos de las y los agricultores¹².

Activismos defensivos

En Argentina, el cercamiento jurídico de las semillas ha sido un tema de debate y disputa desde hace tiempo. Hasta 2012, solo algunos actores participaban en el debate, destacándose la Federación Agraria Argentina (FAA) como la única voz disonante, enfocada en proteger el uso propio de las semillas (Casella, 2005). Ese año marcó un punto de inflexión con la apertura de una mesa de negociaciones en la CONASE, que incluyó a organismos públicos¹³, sector privado¹⁴ y entidades de productores¹⁵, pero excluyó formalmente a las organizaciones de la AFCI.

¹⁰ Silva y Gutierrez (2019) analizan el caso de los agricultores industriales que cultivan algodón genéticamente modificado y realizan la conservación de semillas de manera subrepticia para minimizar los costos de producción y resistir el cercamiento de las semillas por parte de las corporaciones.

¹¹ Entre los activismos defensivos destacan la lucha de las organizaciones campesinas contra la resolución 970 durante el paro agrario en Colombia (2012-2013), las disputas en varios países contra la aprobación de UPOV 91 y los TLC que cercan las semillas, y la demanda colectiva que frenó la introducción masiva de maíz OGM en México.

¹² Un ejemplo de activismo propositivo es Venezuela, donde se creó una ley de semillas que protege los sistemas agrícolas de las y los agricultores. En Brasil, las luchas populares llevaron a políticas como el Programa de Adquisición de Alimentos (PAA), que garantiza la distribución de semillas locales entre organizaciones campesinas como política pública nacional.

¹³ Fueron convocados el INTA, el INASE y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.

¹⁴ Fueron convocadas la Asociación de Semilleros Argentinos (ASA), Cámara Argentina de Semilleros Multiplicadores (CASEM), la Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola- (AACREA) y la Asociación de Productores de Siembra Directa (AAPRESID).

¹⁵ Fueron convocados la Federación Agraria Argentina (FAA), que luego se retiró de la mesa de negociaciones; la Sociedad Rural Argentina (SRA); la Confederación Intercooperativa Agropecuaria (Coninagro) y las Confederaciones Rurales Argentina (CRA).

A partir de este acontecimiento, se sumaron diversos actores a la discusión pública sobre la reforma de la ley de semillas, marcando un punto de inflexión en la movilización social. El puntapié inicial fue una declaración de 2012, elaborada por organizaciones como el Movimiento Nacional Campesino Indígena (MNCI)-Vía Campesina Argentina, GRAIN¹⁶, Amigos de la Tierra, Acción por la Biodiversidad y la Red Nacional de Acción Ecologista (RENACE)¹⁷. Esta declaración fue clave para articular una red de resistencia que, con el tiempo, creció y se diversificó.

A medida que la reforma avanzaba, estas y otras organizaciones intensificaron sus esfuerzos para generar conciencia sobre los cambios propuestos. A principios de 2014, se lanzaron tres campañas clave en contra de la reforma: “No a la nueva Ley Monsanto de semillas en Argentina”¹⁸, “Plantate, la vida no se negocia”¹⁹ y “No nos patenten la vida”²⁰. Las campañas reunieron a diver-

sas organizaciones sociales, ambientales, campesinas y de derechos humanos que, pese a sus diferencias, coincidían en denunciar que el recorte del “uso propio” y el mayor control corporativo sobre los recursos genéticos eran una grave amenaza para la soberanía alimentaria y la biodiversidad (Trivi, 2016).

En 2016 el gobierno de Mauricio Macri (2015-2019) envió su propuesta al congreso. El cambio de etapa política que esto supuso, llevó a la unificación en 2016 de las distintas campañas en la “Multisectorial contra la Ley Monsanto de semillas”²¹ que realizó diversas acciones en torno a la temática: jornadas de debate público en el Congreso; movilizaciones de denuncia frente al Ministerio de Agroindustria; y la participación en nombre de la Multisectorial en las jornadas de carácter informativo organizadas por la comisión de agricultura de la Cámara de Diputados de la Nación (Perelmuter, 2017).

Dos años después, el gobierno aprobó un dictamen de la comisión de agricultura de la Cámara de Diputados sin el respaldo de otros bloques políticos. Al igual que en debates previos desde 2012, este dictamen intentaba restringir el “uso propio” de semillas, limitándolo a los “agricultores exceptuados” y transformándolo en una excepción en lugar de un derecho. Esto generó un amplio rechazo por parte de la FAA, organizaciones de la AFCEI y movimientos sociales, quienes organizaron un “semillazo” frente al Congreso. La protesta incluyó paneles, una feria de productos agrícolas, conservas, plantines e intercambio de semillas alrededor de la Plaza de los Dos Congresos (Puglia, 2021). A finales de 2019, el dictamen perdió estado parlamentario.

¹⁶ Se define a sí misma como una pequeña organización internacional que trabaja apoyando a campesinos y a movimientos sociales en sus luchas por lograr sistemas alimentarios basados en la biodiversidad y controlados comunitariamente.

¹⁷ Declaración: “10 motivos para luchar contra el proyecto de ley que pretende privatizar las semillas en la Argentina”, emitida por MNCI-Vía Campesina Argentina, GRAIN, Amigos de la Tierra, Acción por la Biodiversidad y RENACE, el 3 de octubre de 2012. Disponible en: <https://cloc-viacampesina.net/10-motivos-para-luchar-contra-el-proyecto-de-ley-que-pretende-privatizar-las-semillas-en-la-argentina/>

¹⁸ Campaña “No a la nueva Ley ‘Monsanto’ de Semillas en Argentina”, julio de 2014. Disponible en: <http://www.opsur.org.ar/blog/2014/08/02/campana-no-a-la-nueva-ley-monsanto-de-semillas-en-argentina>.

¹⁹ Documento de la campaña “Plantate: la vida no se negocia”, 6 de septiembre de 2014. Disponible en: <http://plantatelavidanosenegocia.blogspot.com.ar/>.

²⁰ Documento oficial de la campaña “No nos patenten la vida”, 4 de septiembre de 2014. Disponible en: <https://opsur.org.ar/2014/09/04/no-nos-patenten-la-vida-campana-contra-la-privatizacion-de-las-semillas-en-argentina/>.

²¹ Multisectorial contra la ley ‘Monsanto’ de semillas” 29 julio 2016. Disponible en: http://www.biodiversidadla.org/Campanas-y-Acciones/Argentina_Sabes_por_que_NO_queremos_la_nueva_de_Ley_de_Semillas.

En diciembre de 2023, frente al intento de adhesión a UPOV 91 propuesto en la “ley bases” del gobierno de Milei, diversos colectivos sociales y organizaciones de la AFCI reaccionaron rápidamente para alertar sobre esta situación²². Este esfuerzo conjunto culminó en un repudio público, respaldado por más de 400 organizaciones nacionales e internacionales, que exigieron el rechazo de la medida en defensa de la soberanía alimentaria²³.

Activismos propositivos

En Argentina, las organizaciones de la AFCI adoptaron una postura ofensiva, no solo resistiendo la modificación de la Ley de Semillas, sino también impulsando la creación de nuevas leyes. Desde el Foro Nacional de la Agricultura Familiar (FONAF)²⁴, trabajaron en la elaboración de un proyecto de ley que devolviera la dignidad a los agricultores familiares (De Luca, 2016, p.104). Esto culminó en 2014 con la sanción de la “Ley de Reparación Histórica de la AF”, una iniciativa gubernamental en la que las organizaciones participaron activamente en su redacción, descrita como una “ley gestada de abajo hacia arriba” (De Luca 2016, p.106).

La Ley declara de interés público la AFCI por su contribución a la soberanía alimentaria y la preservación de la biodiversidad. En su artículo 26, asigna al Estado la responsabilidad de promover y conservar las semillas nativas y criollas, destacando la creación de Centros de Producción de Semillas Nativas (CEPROSENA) para mejorar su disponibilidad y acceso a agricultores y comunidades locales²⁵.

En el contexto del debate de 2018 sobre la posible modificación de la Ley de Semillas, un grupo de organizaciones de la AFCI, junto con expertos en la materia, elaboró el proyecto de Ley N.º 5913²⁶. El objetivo era garantizar el derecho de las personas a definir e implementar libremente estrategias para la producción, conservación, intercambio y uso de semillas. Además, declaraba de interés público y como bien común, libres de propiedad intelectual, las semillas nativas, criollas y aquellas mejoradas con recursos públicos, así como los conocimientos tradicionales²⁷. El proyecto nunca llegó de discutirse.

²² Nota de la Escuela Nacional de Agroecología (ENA) y Huerquen Comunicación:
<https://huerquen.com.ar/argentina-upov-91/>

²³ <https://www.biodiversidadla.org/Noticias/Cientos-de-organizaciones-reclamamos-al-Congreso-Nacional-el-rechazo-de-la-adhesion-de-Argentina-a-UPOV-91>

²⁴ El Foro Nacional de la Agricultura Familiar (FONAF) se inauguró en 2005 y se formalizó en 2006 mediante la Resolución 132/06 de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA), reuniendo a más de 1000 organizaciones de todo el país que interactuaban con los funcionarios (De Luca, 2016; Urcola, 2024).

²⁵ De manera complementaria, el Ministerio de Obras Públicas lanzó el “Programa de Infraestructura para Entramados Productivos Regionales” para construir galpones destinados a proyectos productivos, incluyendo la producción de semillas. En este marco, el INAFCI colaboró con el Ministerio para construir galpones específicos para semillas locales. Entre 2022 y 2023 se buscaron ubicaciones en terrenos públicos y se iniciaron construcciones, que quedaron detenidas a principios de 2024 con la llegada del gobierno de Milei.

²⁶ <https://www.hcdn.gob.ar/proyectos/proyectoTP.jsp?exp=5913-D-2018>

²⁷ El proyecto fue formalmente presentado por diputado José Ruiz Aragón (FPV-PJ-Corrientes) y acompañado por otros miembros de su bloque: Gabriela Estevez; Andrés Larroque; Máximo Kirchner; María Lucila Masin; Agustín Rossi; Leonardo Grosso; Claudio Doñate; José Luis Gioja; Eduardo De Pedro; Julio Solanas; Mónica Macha; Guillermo Carmona; Araceli Ferreyra y María Fernanda Raverta.

En 2019 se celebró el Primer Foro para consensuar un Programa Agrario Soberano y Popular, el punto más visible de las articulaciones de las organizaciones sociales de la AFCI en los últimos años²⁸ (Pinto, 2020). Su principal objetivo fue elaborar propuestas de políticas públicas para presentar a los candidatos presidenciales, dado que se trataba de un año electoral (Urcola, 2024). En este foro, las propuestas en defensa de las semillas nativas y criollas, así como el rechazo al proyecto de modificación de la ley de semillas, fueron centrales²⁹.

El cambio de gobierno le dio un nuevo impulso al sector. El programa Semillar fue creado en el año 2020 como iniciativa de la Secretaría de Agricultura Familiar, Campesina e Indígena (SAFCI) –luego convertido en INAFCI– con el propósito de asegurar el abastecimiento, creación y/o fortalecimiento de sistemas de rescate, mejora, multiplicación e intercambio de semillas nativas y criollas para promover la sostenibilidad de los sistemas de la AFCI (Gaviola, 2020). El programa adoptó una estrategia colaborativa entre instituciones (INTA, INASE, INAES, MINCyT, Ministerio de Obras Públicas) y organizaciones del sector (Perelmuter et al., 2021).

Como se analizó anteriormente, las semillas criollas no cumplen con los requisitos establecidos por la Ley de

Semillas, lo que hace ilegal su comercialización. Debido a que muchos agricultores de la AFCI dependen de estas semillas, se comenzó a idear un enfoque para sacarlos de la ilegalidad. Para resolver el problema, se formó un equipo interinstitucional (INASE, INAFCI, INTA) con el objetivo de desarrollar una resolución que permitiera la inscripción y comercialización de las semillas criollas. La resolución fue elaborada por el equipo y luego discutida activamente con el Consejo Nacional de la Agricultura Familiar (CAFCI)³⁰, académicos y expertos en la temática.

A mediados de 2022 se publicó la resolución 317/22, que facilita el registro, identificación y comercialización de semillas criollas cultivadas bajo prácticas de agricultura familiar. Según explicita, solo podrán comercializar estas semillas mediante un proceso de registro gratuito y simplificado, quienes estén inscritos en el Registro Nacional de Agricultura Familiar (ReNAF) o en el Registro Nacional de Organizaciones de Agricultura Familiar (ReNOAF). En julio de 2023 se registró la primera semilla criolla³¹ y en agosto se formalizó la Mesa Nacional de Semillas Criollas que establece la Resolución, de la que participaron el INASE, el INTA, el INAFCI y SENASA. Este grupo tuvo a su cargo, hasta diciembre de ese año, la emisión de dictámenes buscando legalizar su registro, identificación y comercialización.

²⁸ Fue organizado por fracciones independientes de la FAA, movimientos campesinos históricos como el MNCI, y de más reciente conformación como la Unión de Trabajadores de la Tierra (UTT) y el Movimiento de Trabajadores Excluidos Rama Rural (MTE). También participaron entidades sindicales, trabajadores/as del Estado y del sector científico tecnológico, cátedras universitarias, ONG, movimientos sociales y políticos.

²⁹ Primeras conclusiones del Foro: <https://rosalux-ba.org/wp-content/uploads/2019/05/PRIMERAS-CONCLUSIONES-DEL-PRIMER-FORO-NACIONAL-POR-UN-PROGRAMA-AGRARIO-SOBERANO-Y-POPULAR-1.pdf>

³⁰ El CAFCI, en su documento de creación, fue definido como un espacio de articulación institucional donde se agrupan tanto unidades de gestión vinculadas con la AFCI, como organizaciones del sector de alcance nacional.

³¹ Se trata del Citron del Valle Inferior del Río Chubut (VIRCH), especie introducida y adaptada por medios tradicionales por los inmigrantes galeses a fines del siglo XIX.

Activismos territorializados por el derecho a las semillas

En relación con las disputas sobre los cercamientos y la pérdida de agrobiodiversidad, organizaciones de la AFCI, ambientales y sociales se organizan de múltiples formas. Las estrategias jurídicas se complementan con activismos territoriales y prácticas asociadas con semillas locales. Según García López et al. (2019), en los territorios se producen disputas y una reivindicación de autonomía que incluye el derecho a recuperar, conservar y defender las semillas. Estas iniciativas se vinculan con prácticas tradicionales campesinas e indígenas (Bróccoli, Arístide y Cotroneo, 2012) y, actualmente, con la agroecología (Altieri y Nichols, 2019).

En un trabajo anterior (Autor/a et al., 2022), analizamos experiencias centradas en la recuperación, reproducción, conservación, circulación y mejoramiento de semillas nativas y criollas, llevadas a cabo por organizaciones de la AFCI, Universidades Nacionales y el Estado en distintos niveles. Este estudio se realizó en la Provincia de Buenos Aires (PBA) y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), pero las estrategias y funciones identificadas pueden aplicarse a otras realidades nacionales.

Por recuperación, entendemos el rescate de especies olvidadas o cada vez menos cultivadas, y de la memoria que está asociada a las mismas (Bonicatto, May y Tamagno, 2020). Las acciones se orientan a volver a sembrar variedades locales que por los estándares comerciales ya no se usan³².

³² Una experiencia interesante es el Programa de Rescate y Mejoramiento Participativo del Tomate Criollo (PRMP-TC) de la Facultad de Agronomía de la UBA. Este proyecto recupera y caracteriza antiguas variedades de tomate a partir de semillas almacenadas en bancos de germoplasma de Alemania y EE.UU. Por otro lado, el Grupo de Semillas Locales del Cinturón Hortícola de La Plata, de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP, que se dedica a la recuperación del tomate platense, una variedad tradicional con sabor único. También han identificado otras variedades desplazadas por semillas comerciales, principalmente híbridos.

La reproducción incluye todas las acciones relacionadas con la producción y multiplicación de semillas. Identificamos experiencias en espacios rurales o periurbanos en el campo de agricultores, y en huertas urbanas estatales y de organizaciones³³. La multiplicación de semillas para uso propio difiere en parte de la destinada a la comercialización, ya que esta última requiere protocolos más estrictos, mayores espacios de siembra y más tiempo (Schneider, 2021).

Existen dos enfoques principales para conservar la diversidad de semillas: *in situ*, que incluye aquellas cultivadas en campos, guardadas en los hogares de familias agricultoras y almacenadas en bancos comunitarios de semillas, conocidos en Argentina como casas de semillas³⁴; y *ex situ*, que refiere a la preservación fuera de sus entornos naturales, mediante la recolección de muestras representativas y su almacenamiento en jardines botánicos o bancos de germoplasma. Ambos métodos se complementan en el esfuerzo global por la conservación de semillas (Nodari y Tomás, 2016).

³³ En PBA se relevaron experiencias en campos de agricultores: el Centro Ecuémico de Educación Popular (CEDEPO), que junto a otras organizaciones produce semillas para Minka Semillera; la Federación Rural para la Producción y el Arraigo, con 20 familias en La Plata que forman parte de la red de multiplicadores del Grupo de Semillas Locales de la UNLP y dos agricultores en Olavarría que trabajan una hectárea de forma agroecológica; la Unión de trabajadores y trabajadoras de la tierra (UTT), que produce semillas en los campos de sus integrantes; y la cooperativa La Chozo en General Rodríguez, que multiplica semillas para su comercialización a través de Constelación, una Semillera agroecológica con sede en San Luis, entre otros.

³⁴ En PBA encontramos a Minka semillera situada en Florencio Varela. Reúne a mujeres de diversas organizaciones y lleva un proceso de recuperación de variedades de la zona. Integran Minka Semillera: Cooperativa APF F. Varela, el MNCl, Comunidad Warisata integrante del Movimiento de Mujeres Indígenas del Abya Yala y la Parcela Agroecológica del Cedepo.

El mejoramiento incluye prácticas de adaptación local de variedades, considerando los conocimientos de las y los agricultores y la colaboración de diversos actores, como fitomejoradores, técnicos, investigadores y docentes universitarios, lo que lo define como “mejoramiento participativo” (Caetano et al., 2015). Las experiencias relevantes provienen de organismos estatales y universidades que, en espacios de gestión pública, se vinculan con distintos actores para la multiplicación, estudio y mejoramiento de variedades locales.

La noción de circulación incluye acciones como intercambios, donaciones, regalos, ventas y distribución de semillas locales. La comercialización de estas semillas se lleva a cabo principalmente en sistemas informales, los cuales son fundamentales para la preservación de la diversidad de semillas y la seguridad alimentaria de las comunidades agrícolas. Por lo general, la venta de semillas se realiza cerca del lugar donde se producen y distribuyen, con las y los agricultores vendiendo sus semillas directamente a otros hogares o en mercados locales.

El intercambio de semillas, fundamentado en la cooperación y la reciprocidad, ha sido esencial para preservar la biodiversidad y garantizar la soberanía alimentaria. Este proceso se desarrolla de manera regular dentro de los sistemas informales de semillas, tanto a nivel individual como comunitario, y no solo involucra el intercambio de semillas, sino también la transmisión de ideas y conocimientos (Shiva, 2013). En Argentina, las primeras ferias de intercambio se originaron en Misiones a principios de los años 90 y se han expandido a diversas localidades, convirtiéndose en espacios de encuentro para agricultores y el público en general (RAOM 2021; Cababie, Bonicatto y Abbona 2015; Madariaga, Ojeda y Castagnetto, 2009).

Algunas reflexiones finales

En este artículo examinamos el papel crucial de las organizaciones de la AFCI en los movimientos activistas dedicados a la defensa de las semillas, las cuales han sido históricamente consideradas bienes comunes esenciales para la soberanía alimentaria y la preservación de la biodiversidad. De esta manera, propusimos una visión integral de las dinámicas de poder, resistencia y propuestas que configuran el campo de lucha por las semillas en Argentina. El análisis subraya la importancia de las organizaciones de la AFCI, no solo como defensoras de este recurso fundamental, sino también como actores clave en la construcción de alternativas frente a los procesos de cercamiento y mercantilización de las semillas.

Inicialmente, abordamos los avances específicos en el cercamiento de las semillas dentro de sistemas en disputa. A partir de ello, concluimos que el auge de los activismos en defensa de las semillas es, en esencia, una respuesta a estos procesos de cercamiento y a la disminución de la agrobiodiversidad que dificulta su acceso. En Argentina, se identificaron dos tipos de activismos: los jurídicos, que incluyen tanto la oposición a regulaciones orientadas al cercamiento, especialmente en relación con la modificación de la ley de semillas, como la construcción de alternativas legales; y los activismos territorializados, que impulsan formas de producción diversas y que apuntan a la autonomía y sustentabilidad. Todos estos activismos convergen en un objetivo común: garantizar que las semillas sigan siendo accesibles para quienes las cultivan y preservan, manteniendo su carácter de bien común frente a las presiones de cercamiento y mercantilización.

Lo que identificamos es que la disputa gira en torno al significado mismo del término “semilla”. Históricamente, estuvieron bajo el control de las y los agricultores, quienes las consideraban tanto un producto como un medio de producción. Actualmente, las semillas se han convertido en un insumo externo que las y los agricultores deben adquirir anualmente o, si desean reutilizarlas, deben solicitar autorización y pagar regalías. Los activismos en defensa de las semillas entonces buscan recuperar la concepción de las semillas como bienes comunes, entendidas como “patrimonio de los pueblos al servicio de la humanidad” (Vicente, 2015).

BIBLIOGRAFÍA

- Altieri, M., & Nicholls, C. (2012). Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica. *Agroecología*, 7(2), 65–83.
- Bonicatto, M., May, M. P., & Tamagno, L. N. (2020). Las semillas: base biológica y cultural de la diversidad cultivada. En S. Sarandón (Coord.), *Biodiversidad, agroecología y agricultura sustentable*. Edulp.
- Borowiak, C. (2004). Derechos de los agricultores: Regímenes de propiedad intelectual y lucha por las semillas. *Política y Sociedad*, 32(4), 511–543.
- Bravo, E. (2017). La concentración corporativa en la industria de semillas hortícolas. En H. Alimonda, C. Toro Pérez, & F. Martín (Coords.), *Ecología política latinoamericana: Pensamiento crítico, diferencia latinoamericana y rearticulación epistémica*. CLACSO / CICCUS / UAM.
- Broccoli, A., Arístide, P., & Cotroneo, S. (2012). Necesidad de políticas públicas de transición a la agroecología para la agricultura familiar en Argentina. En V. Pautassi & C. Zibecchi (Comps.), *Respuestas estatales en torno a la alimentación y al cuidado*. Facultad de Derecho (UBA).
- Brush, S. B. (2000). The issues of in situ conservation of crop genetic resources. En S. B. Brush (Ed.), *Genes in the field: On-farm conservation of crop diversity*. Lewis Publishers.
- Cababie, J., Bonicatto, M., & Abbona, E. (2015). Semillas y saberes de los agricultores familiares: ¿Cuál es el rol de las ferias de intercambio en su reproducción y conservación? *Revista de la Facultad de Agronomía La Plata*, 114(Esp. 1), 122–128.
- Caballero, L., Dumrauf, S., González, E., Mainella, F., & Moricz, M. (2010). Los procesos organizativos de la agricultura familiar y la creación de ferias y mercados de economía social. *Otra Economía*, 4(7).
- Caetano, C., Peña, R., Maigual, J. L., Vásquez, L., Nunes, D., & Pazdiora, B. (2015). Mejoramiento participativo: Herramienta para la conservación de cultivos subutilizados y olvidados. *Acta Agronómica*, 64(3), 307–327.
- Casella, A. (2005). *Un país que resigna soberanía: Patentamiento y regalías en semillas*. Federación Agraria Argentina.
- Chacón, X., & García, M. (2016). *Redes de custodios y guardianes de semilla y casas comunitarias de semillas nativas y criollas: Guía metodológica*. SWISSAID.
- De Luca, M. (2016). Fortalezas de la Ley 27.118 de reparación histórica de la agricultura familiar, campesina e indígena. *Derechos en Acción*, 1, 99–131.
- Díaz, D. (1999). Con poco y desde lo pequeño (la experiencia del Pro Huerta). *Observatorio Social*, 4.
- Díaz Ronner, L. (2013). Biotecnología y propiedad intelectual. En S. Martínez Dougnac (Comp.), *De especie exótica a monocultivo*. Imago Mundi.
- Edelman, M. (2016). *Estudios agrarios críticos: Tierras, semillas, soberanía alimentaria y derechos de las y los campesinos*. Editorial IAEN.

- ETC Group. (2022). *Barones de la alimentación 2022: Lucro con las crisis, digitalización y nuevo poder corporativo*. https://www.etcgroup.org/files/files/barones_de_la_alimentacion-resumen-web.pdf
- Federici, S. (2020). *Reencantar el mundo: El feminismo y la política de los comunes*. Tinta Limón.
- Felicien, A. (2021). Resistencias y disputas alrededor de las semillas en Venezuela. *Análisis y Debate*, 23. Fundación Rosa Luxemburgo.
- Felicien, A. (2016). Historia de las leyes de semillas y la modernidad en la agricultura. En *Semillas del pueblo*. Fundación Editorial El Perro y la Rana.
- FONAF. (2006). *Documento elaborado por las organizaciones representativas del sector productor agropecuario familiar*.
- García López, V., Giraldo, O., Morales, H., Rosset, P., & Duarte, J. M. (2019). Seed sovereignty and agroecological scaling. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 43(7–8), 827–847. <https://doi.org/10.1080/21683565.2019.1578720>
- Gaviola, J. (2020). El sistema semillero hortícola argentino. *Horticultura Argentina*, 39(100), 219–231.
- Gras, C., & Hernández, V. (2013). El modelo de agribusiness y sus traducciones territoriales. En C. Gras & V. Hernández (Coords.), *El agro como negocio*. Editorial Biblos.
- Gutierrez-Escobar, L. (2015). Soberanía alimentaria: La red de semillas libres de Colombia. *[Con]textos*, 4(13), 11–24.
- Gutiérrez Escobar, L., & Fitting, E. (2016). Red de Semillas Libres: Crítica a la biohegemonía en Colombia. *Estudios Críticos del Desarrollo*, 6(11), 85–105.
- Kloppenburger, J. (2008, abril). Seeds, sovereignty, and the Vía Campesina. Workshop on Food Sovereignty, University of Saskatchewan.
- Kloppenburger, J. (2005). *First the seed: The political economy of plant biotechnology* (2.ª ed.). University of Wisconsin Press.
- Lanari, M. R., Formica, M. B., Defacio, R., et al. (2023). Acciones y omisiones en políticas públicas sobre nuestro patrimonio genético. En A. Alonso, L. Barrera, & M. Taraborrelli (Comps.), *Las políticas públicas desde organismos de ciencia y tecnología*. Teseopress.
- Lizárraga, P. (2021). Los caminos de las semillas en la lucha campesina. En P. Lizárraga & C. Vicente (Coords.), *La revolución de una semilla*. El Colectivo.
- Llamas Guzmán, L. (2020). Redes de abastecimiento de semillas como un bien común. En L. Lazos Chaver (Coord.), *Retos latinoamericanos en la lucha por los comunes*. CLACSO.
- López Castro, N. (2019). *Agricultura familiar (Argentina, 2000-2019)*. Teseopress.
- Louwaars, N. (2007). *Seeds of confusion*. Wageningen University.
- Madariaga, M., Ojeda, J., & Castagnetto, A. (2009). Intercambio de semillas. *Presencia*, 54, 40–43.
- May, P., Bonicatto, M., & Otero, J. (2020). Variedades locales. En S. Sarandón (Coord.), *Biodiversidad, agroecología y agricultura sustentable*. Edulp.

- Midnight Notes Collective. (2012). Los nuevos cercamientos. *Theomai*, 26. (Original de 2001).
- Mooney, P. (1983). *La ley de la semilla*. Fundación Dag Hammarskjöld.
- Newell, P. (2009). Bio-hegemony. *Journal of Latin American Studies*, 41(1), 27–57.
- Nodari, R., & Tomás, D. (2016). Agrobiodiversidad y desarrollo sostenible. *Biocenosis*, 24(1–2), 21–29.
- Obschatko, E. (2009). *Las explotaciones familiares en la República Argentina*. MAGyP.
- Ortíz, R. (2013). Sistema formal e informal de semillas. En R. Ortiz et al. (Eds.), *La biodiversidad agrícola en manos del campesinado cubano*. Ediciones INCA.
- Patrouilleau, M., Martínez, L., Cittadini, E., & Cittadini, R. (2017). Políticas públicas y desarrollo de la agroecología. *Red PP-AL*.
- Pengue, W. (2005). *Agricultura industrial y transnacionalización en América Latina*. PNUMA.
- Perelmuter, T. (2017). Ley de semillas en Argentina: Avatares de una reforma que no fue. *Revista Interdisciplinaria de Estudios Agrarios*, 47.
- Perelmuter, T. (2020). El rol del Estado en el cercamiento de las semillas en Argentina. *Estudios Socioterritoriales*, 28.
- Perelmuter, T. (2021a). *Propiedad intelectual y cercamiento de semillas en Argentina (1973-2015)*. El Colectivo / IEALC.
- Perelmuter, T., et al. (2021b). SemillAR: Programa de semillas nativas y criollas. Ponencia presentada en II Congreso de Agroecología.
- Perelmuter, T., et al. (2022). Recuperación, reproducción, conservación y circulación de semillas nativas y criollas. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 44.
- Peschard, K., & Randeria, S. (2020). Manteniendo las semillas en nuestras manos. *The Journal of Peasant Studies*, 47(4), 613–647.
- Pinto, L. (2020). Agroecología y recampesinización cualitativa. *Boletín de Estudios Geográficos*, 113, 161–180.
- Poth, C. (2020). *Agricultura, ciencia y poder*. EDUNLU.
- Puglia, M. de las N. (2021). *Sexo y semillas*. Tesis doctoral, IDAES-UNSAM.
- RAOM. (2021). Recuperar lo perdido. En P. Lizárraga & C. Vicente (Coords.), *La revolución de una semilla*.
- Rodríguez Cervantes, S. (2013). *El despojo de la riqueza biológica*. Ítaca.
- Schneider, G. (2021). Protección y creación de la biodiversidad agrícola. En P. Lizárraga & C. Vicente (Coords.), *La revolución de una semilla*.
- Schneider, S., & Escher, F. (2014). El concepto de agricultura familiar en América Latina. En C. Craviotti (Comp.), *Agricultura familiar en Latinoamérica*. CICCUS.
- Shiva, V. (2013). *The law of the seed*. Navdanya International.
- Silva Garzón, D., & Gutiérrez Escobar, L. (2019). Revolturas. *The Journal of Peasant Studies*. <https://doi.org/10.1080/03066150.2019.1668780>
- Svampa, M. (2012). Pensar el desarrollo desde América Latina. En G. Massuh (Ed.), *Renunciar al bien común*. Mardulce.

- Trivi, N. (2016). La Ley de semillas en Argentina. *Geopolítica(s)*, 7, 57–75. https://doi.org/10.5209/rev_GEOP.2016.v7.n1.49832
- Urcola, M. (2024). Movilización política, agendas reivindicativas y organización sectorial de la agricultura. *Realidad Económica*, 363.
- Vicente, C. (2015). Semillas: Patrimonio de los pueblos. En A. Acosta & E. Martínez (Comps.), *Biopiratería*. Abya Yala.

La soberanía alimentaria en intersección: una mirada intercultural y de género en experiencias agroecológicas en el Suroeste de Jalisco

Patricia Beas Roque¹ y Peter R. W. Gerritsen^{2*}

Resumen. *La agroecología es práctica, ciencia y movimiento social que busca la soberanía alimentaria, la defensa de los derechos y cultura campesina y resalta el papel transformador de productores y consumidores (Anderson et al., 2021). Aunque impulsa sociedades equitativas (Dumont et al., 2021), no ha cuestionado lo suficiente las relaciones de género ni las prácticas interculturales que refuerzan poderes asimétricos, incluso dentro de los propios movimientos (Rico, 2016; Gagliano, 2020; Garzón, 2021). Este trabajo debate las limitaciones y posibilidades de la agroecología para fomentar la soberanía alimentaria desde la interculturalidad y el género en el México rural. Un estudio en la región indígena de Cuautitlán de García Barragán (Jalisco) revela que los roles de género dificultan la participación de mujeres y que la falta de diálogo intercultural limita acciones conjuntas. Con perspectiva de género, tal diálogo permitiría avanzar hacia sociedades más justas y equitativas.*

Palabras clave: *Agroecología; Soberanía alimentaria; Género; Interculturalidad; Campesinado; Equidad social.*

Abstract. *Agroecology is a practice, science, and social movement that seeks food sovereignty, the defense of peasant rights and culture, and highlights the transformative role of producers and consumers (Anderson et al., 2021). Although it promotes equitable societies (Dumont et al., 2021), it has not sufficiently questioned gender relations or intercultural practices that reinforce asymmetric power, even within its own movements (Rico, 2016; Gagliano, 2020; Garzón, 2021). This work debates the limitations and possibilities of agroecology to foster food sovereignty from intercultural and gender perspectives in rural Mexico. A case study in the Indigenous region of Cuautitlán de García Barragán (Jalisco) reveals that gender roles hinder women's participation and that the lack of intercultural dialogue limits collective actions. From a gender perspective, such dialogue could advance an agenda toward building more just and equitable societies.*

¹ Programa Estancias posdoctorales por México de la SECIHTI. Adscrito al Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara, Autlán de Navarro, Jal. ORCID: 0000-0002-4753-6609. Correo electrónico: patricia.beas@academicos.udg.mx

² Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara. Autlán de Navarro, Jal. ORCID: 0000-0001-7542-0171.

* Autor de contacto: Correo electrónico: peter.gerritsen@academicos.udg.mx

Keywords: *Agroecology; Food sovereignty; Gender; Interculturality; Peasantry Social equity.*

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la lucha por la soberanía alimentaria desde el enfoque agroecológico, no puede evitar cuestionar cómo las sociedades se organizan para el acceso y la producción de los alimentos. Además, es importante reflexionar si lo anterior conlleva a una jerarquización social articulada por desigualdades sociales como el género, la etnia, la raza, la clase, entre otras (Garzón, 2021). De esta forma, han surgido experiencias agroecológicas en la zona indígena de Cuautitlán de García Barragán, en el Suroeste de Jalisco, que conllevan a la necesidad de analizar las limitaciones de la agroecología para el impulso de sociedades justas y equitativas desde el enfoque intercultural y con perspectiva de género.

Este trabajo se estructura en cuatro secciones. La primera, discute sobre las nociones teóricas en torno a la agroecología, la interculturalidad y el género. La segunda, introduce al contexto actual de dos experiencias agroecológicas en el área de estudio. Posteriormente, se analiza la interseccionalidad género/etnia en el marco de la agroecología como práctica y movimiento, y de las relaciones interculturales. Finalmente, se concluye sobre la importancia del diálogo intercultural para promover una agenda local y con perspectiva de género en torno a la soberanía alimentaria.

Soberanía alimentaria e interseccionalidad

Soberanía alimentaria, agroecología y género

Este trabajo parte de la propuesta de Vía Campesina (2021) sobre soberanía alimentaria en 1996, la cual consiste en el derecho de los pueblos a producir sus propios alimentos básicos en sus territorios. En esta propuesta se considera que las mujeres son clave en el ámbito familiar y comunitario, por lo cual es necesario que ellas cuenten con igualdad de oportunidades para el desarrollo de sus habilidades en la producción de alimentos, siendo necesario que los gobiernos inviertan en infraestructura social y ecológicamente adaptada a cada contexto. Aunado a lo anterior, se defiende el derecho de los pueblos a producir sus alimentos con base en un manejo sostenible de los recursos naturales, siendo indispensable contar con la seguridad en la tenencia de la tierra, con suelos libres de enfermedades y logrando la reducción en el uso de agroquímicos.

En este contexto, la agroecología representa un modelo alternativo a la agricultura corporativa que reconoce el conocimiento campesino para la producción de los alimentos, su organización sociocultural y formas de manejo con una racionalidad ecológica (García y Soler, 2010). La agroecología entendida como ciencia, práctica y movimiento social toma en cuenta dentro de sus principios, tanto la disminución de uso de agroquímicos y el comercio justo, como el impulso de sociedades democráticas dentro de los procesos que transitan de una agri-

cultura convencional hacia las prácticas agroecológicas (Dumont et al., 2021).

A pesar de lo anterior, la participación activa de las mujeres, en particular de quienes provienen de pueblos originarios, como conocedoras de la tierra, cuidadoras y conservadoras de semillas o como productoras de alimentos, a veces ha sido invisibilizada o infravalorada (BIZILUR et al., 2015). En estudios sobre el papel de las mujeres en las prácticas y el movimiento agroecológico, se ha documentado que aún dentro del marco de dicho movimiento, ellas enfrentan condiciones que dificultan una participación en igualdad, por ejemplo, que tanto hombres como mujeres tienen las mismas capacidades para la toma de decisiones, pero que ellas cuentan con menos oportunidades para acceder a estos espacios, o que deben seguir asumiendo sus roles familiares en el trabajo doméstico, de cuidados y de crianza, alcanzando con lo anterior dobles o triples jornadas de trabajo (Garzón, 2021). Otro ejemplo es, la percepción del trabajo de las mujeres en las prácticas agroecológicas como ayuda, sólo porque el alimento se destina al autoconsumo (Lopes et al., 2020), o la falta de acceso que ellas tienen a los comités donde se decide sobre los bienes de propiedad común debido a que son espacios tradicionalmente ocupados por hombres (Upadhyay, 2005).

Para contribuir a este debate, Gagliano (2020) establece que, el estimar que los movimientos agroecológicos promueven en automático condiciones sociales justas en la producción de alimentos, invisibiliza dos cuestiones; por un parte, no se reflexiona sobre por qué algunas relaciones de producción y de reproducción regulan la vida en un determinado contexto social; por otra, no se cuestiona la amplia disponibilidad sobre el tiempo de las mujeres para que ellas realicen las prácticas agroecológicas. Por lo anterior, Gagliano cuestiona quiénes realmente se benefician de estas prácticas, y si en las relaciones

de género, realmente se da o no una redistribución del trabajo remunerado y no remunerado.

Aunado a lo anterior, la discriminación que se puede dar al interior de los movimientos agroecológicos, no sólo se da desde la perspectiva de género, sino también desde el campesinado hacia los pueblos indígenas. Lo anterior conlleva a la necesidad de complejizar el análisis de las asimetrías en las relaciones de género en las prácticas agroecológicas, cuando tienen lugar en contextos propicios a la interculturalidad³, siendo el análisis interseccional una estrategia pertinente para profundizar sobre el género, la interculturalidad y la agroecología.

Análisis interseccional en el movimiento agroecológico

El enfoque del análisis interseccional permite comprender cómo las desigualdades sociales como el género, la etnia, la raza, la clase y otras, al cruzarse o articularse entre sí, conllevan a experiencias diferentes de opresión y privilegio, de tal forma que, en el caso particular de este trabajo, el género y la etnia se consideran como dos categorías de desigualdad social que no pueden separarse, sino que se analizan justo en su intersección (HEGOA y ACSUR-Las Segovias, 2010). Es decir, que las conductas discriminatorias o de estigmatización, como resultado de los ejes de racismo/sexismo/clasismo/colonialismo, entre otros, hacia el cruce género/et-

³ Para efectos de este trabajo, se entiende por interculturalidad a las relaciones entre grupos culturales que comparten un mismo espacio geográfico y social, pero con la aspiración de que no existan relaciones de dominación u opresión de uno sobre otro (Ramírez, 2018).

nia son experimentadas por personas que transitan por identidades complejas y en continua transformación, como es el caso de las mujeres de pueblos originarios (Dietz, 2017).

En el contexto de la lucha por la soberanía alimentaria y desde la perspectiva del feminismo campesino popular, se consideran como ejes de opresión al capitalismo neoliberal, sexismo, racismo, imperialismo, neocolonialismo, entre otros; sin embargo, también se observa la posibilidad de una articulación entre la dominación y el activismo, éste último como respuesta a la dominación. Es decir, invita a transitar desde una subordinación interseccional que se expresa en los sentires, narrativas y cuerpos hacia un empoderamiento interseccional que busca reconstruir identidades, la repolitización de la vida cotidiana y el rescate de la memoria histórica no reconocida de los pueblos originarios (Urretabizcaia, 2020). Por ejemplo, el diálogo entre las agendas feministas urbanas y los movimientos de mujeres indígenas, han permitido comprender que, aun teniendo puntos en común, como la lucha por los derechos sexuales y reproductivos y la erradicación de la violencia de género, la articulación entre género y etnia lleva a otras demandas a partir de las experiencias de racismo y explotación económica. Así, las mujeres indígenas incluyen entre sus demandas el derecho a decidir sobre su tiempo libre, los derechos agrarios, el ejercicio de la ciudadanía de acuerdo a sus usos y costumbres, el acceso a los créditos, la posibilidad de manejar proyectos y planes de desarrollo, así como la demanda de que los hombres contribuyan a la crianza de los hijos y al trabajo doméstico (Espinosa, 2009; HEGOA y ACSUR-Las Segovias, 2010).

De acuerdo con Urretabizcaia (2020), el análisis interseccional de las discriminaciones al interior de los movimientos agroecológicos tiene como propósito profundizar sobre la dominación que enfrentan las

identidades interseccionales en su búsqueda de construir una política identitaria que visibilice la capacidad de agencia de las personas para resistirse a la dominación estructural y ejercer el poder de la autodeterminación más allá de la victimización o exaltación. Es aquí donde existe un punto en común entre la interseccionalidad y la interculturalidad, ya que como Dietz (2017) lo señala, la interculturalidad en el contexto latinoamericano demanda una reconstrucción intracultural enfocada en la autonomía de las comunidades colonizadas; así también, el intercambio intercultural con base en el reconocimiento de la composición plurinacional de una sociedad y de las desigualdades y asimetrías históricas.

Así, la relación entre la interculturalidad y el género, conlleva a enfatizar cómo las relaciones de género en el marco de las construcciones culturales de las identidades se traducen en relaciones de poder, alejando o acercando a las personas de los espacios donde se toman las decisiones en torno a la soberanía alimentaria (Borja-Naranjo, 2018). Por ejemplo, se critica el androcentrismo de algunos estudios con enfoque agroecológico, que centran su análisis en la familia o en la comunidad, sin considerar las asimetrías que resultan de desigualdades sociales como el género (Garzón, 2021), así como la marginación presupuestal hacia las políticas públicas de extensión agrícola diseñadas para atender la problemática de género y de los pueblos originarios, lo cual conlleva a obstáculos para la equidad y la inclusión concerniente al ámbito de la soberanía alimentaria (Anderson et al., 2021).

Género y diálogo intercultural en la agroecología

Para abordar la problemática concerniente al género y la interculturalidad en la agroecología, se recurrió al concepto de relaciones interculturales desde la perspectiva de género. De acuerdo con Tirzo y Hernández (2010), la relación entre grupos o sociedades conlleva al contacto cultural, y como consecuencia de lo anterior, a las relaciones interculturales.

Desde la perspectiva de la interculturalidad crítica⁴, las relaciones interculturales pueden manifestarse a través del diálogo de saberes, del fortalecimiento de procesos intraculturales, del intercambio de sentires y experiencias, del bienestar colectivo, de la ética solidaria, del fortalecimiento de las relaciones interlingües e interactorales, del abordaje plurisistémico de la realidad, de la empatía, del reconocimiento de la desigualdad y de la despolarización de la diferencia (Moreno y Méndez, 2019). Sin embargo, para atender las demandas de género culturalmente situadas, es necesario abordar las luchas de género y de interculturalidad de forma integral e indivisible (Rodríguez, 2013). Por lo que, la interrelación entre el género y las relaciones interculturales nos lleva a explorar cómo la división sexual del trabajo se organiza, valora y reproduce en el contexto del sistema económico capitalista y de sociedades patriarcales, considerando dentro de los diálogos interculturales

cómo son los roles y estatus asignados a las identidades de género (Moreno y Méndez, 2019).

Lo anterior tiene implicaciones para la soberanía alimentaria, considerando el papel clave de los actores sociales en el aprovisionamiento económico de los alimentos, los cuales son atravesados por desigualdades sociales como el género, la etnia, la clase, entre otras.

Situando experiencias agroecológicas en la zona indígena de Cuautitlán de García Barragán

De acuerdo con el INPI (2020), la zona indígena de Cuautitlán de García Barragán es considerada como parte del pueblo nahua del estado de Jalisco. Según Robertson (1999), las comunidades indígenas de este municipio fueron atravesadas por un proceso de colonización española a partir del año de 1545. Desde entonces, ha habido una resistencia constante por parte de la población para conservar sus tradiciones y patrimonio biocultural, que actualmente se encuentra vinculada también a la lucha por la soberanía alimentaria, a través del ejercicio de las prácticas agroecológicas por parte de algunos actores locales y su intercambio de saberes con actores dentro y fuera al municipio.

Respecto a las relaciones de género en las comunidades indígenas de este municipio, se reconoce que han existido conductas machistas hacia el trabajo extradoméstico de las mujeres y limitaciones respecto a su acceso a la tierra. Por ejemplo, se han documentado las dificultades

⁴ De acuerdo con Walsh (2012), la interculturalidad crítica se concentra en el problema de los ejes de opresión colonial y racial ligados al capitalismo, por lo que propende por otro ordenamiento social que transforme las estructuras y dispositivos de poder que reproducen relaciones de desigualdad.

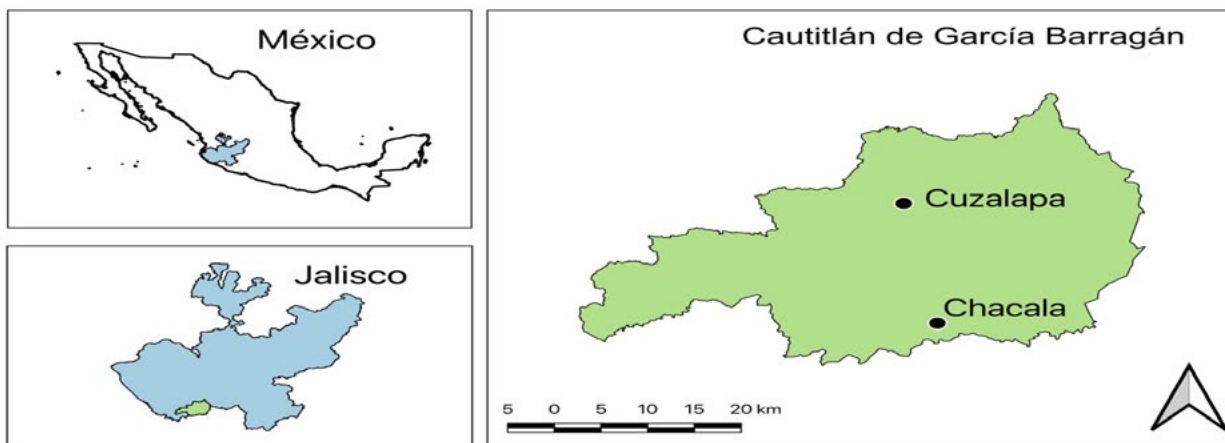
en las relaciones conyugales que enfrentan las mujeres de la zona indígena, debido a la disposición que sus cónyuges hacen sobre el uso de su tiempo, a su oposición de que las mujeres interactúen con otros hombres y al desprestigio que les conlleva que sus esposas trabajen bajo la noción de una incapacidad para satisfacer las necesidades económicas de sus familias; al mismo tiempo que, las mujeres han contado con menores posibilidades de acceso a la tenencia de la tierra, debido a la asignación tradicional de sus roles de género hacia el trabajo doméstico (Van der Pijl, 1996; Ancona, 2015).

En este contexto, este trabajo se centra en dos experiencias agroecológicas de la zona indígena de Cuautitlán. La primera de ellas, se refiere a mujeres productoras de hortalizas y café bajo sombra de la comunidad indígena de Cuzalapa; la segunda, a productores de jamaica criolla de la comunidad indígena de Chacala, ambas comunidades se encuentran dentro de la demarcación político-administrativa del municipio de Cuautitlán de García Barragán, en el Suroeste del estado de Jalisco, México (Figura 1).

Las experiencias de las mujeres productoras de hortalizas y café bajo sombra corresponden a integrantes de la cooperativa “Color de la Tierra”, quienes remontan su origen como grupo desde el año 1995. A lo largo de su historia, el grupo de mujeres ha consolidado su liderazgo como promotor de la cultura indígena de Cuzalapa, impulsando el fortalecimiento de capacidades para la producción de alimentos y la conservación de semillas, el rescate de la lengua náhuatl, la construcción de relaciones de género igualitarias, el turismo rural sustentable, la implementación de prácticas sustentables para el control de plagas y el desarrollo de estrategias colectivas de subsistencia, en particular por las mujeres de la comunidad (Ancona, 2015).

Por otra parte, la experiencia agroecológica de los productores de jamaica en la comunidad indígena de Chacala, se centran en el grupo “Jamaica de Chacala” que fue constituido en el año 2021 como parte del Mecanismo Dedicado Específico para pueblos indígenas y comu-

Figura 1. Localidades del área de estudio



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2018).

nidades locales, el cual es financiado por el Programa de Inversión Forestal e implementado por el Banco Mundial (MDE México, 2023). A diferencia de la cooperativa Color de la Tierra, este grupo se encuentra en etapa de desarrollo, sin embargo, sus integrantes cuentan con una tradición familiar de varias generaciones en el cultivo de la jamaica y su manejo sustentable.

En la actualidad, las experiencias agroecológicas aquí mencionadas cuentan con un intercambio de experiencias y saberes, tanto dentro de sus comunidades, como con actores externos al municipio, por ejemplo, el movimiento de la Escuela Campesina, proyectos de vinculación de la Universidad de Guadalajara, proyectos y programas implementados por la Dirección de la Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán, programas y subsidios por parte de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, así como acciones implementadas por el gobierno municipal.

Estas experiencias agroecológicas se basan en la producción de alimentos con la reducción de uso de agroquímicos, el uso de biofertilizantes, el establecimiento de relaciones comerciales directas entre productoras y consumidores, el autoconsumo de alimentos para la satisfacción de las necesidades familiares, experiencias de intercambio de semillas y de conocimientos campesinos, y la lucha por el comercio justo de los alimentos que intercambian localmente y con intermediarios externos al municipio. En ambos grupos, sus integrantes son en su mayoría mujeres, quienes representan a sus respectivos grupos familiares, es decir, ellas acercan los alimentos producidos por ellas mismas y en colaboración con el resto de los miembros de sus familias, en algunos casos nucleares y en otros, integrantes de la familia extendida (padres, madres, o familia política).

El espacio en donde las mujeres de Cuzalapa y Chacala socializan sus experiencias agroecológicas es multiescalar. Esto sucede en sus grupos familiares, en el

ámbito comunitario y en espacios para el intercambio de experiencias como los encuentros de saberes, la escuela campesina, festivales para el intercambio de conocimiento campesino, festivales de intercambio de semillas fuera de su municipio, y los tianguis artesanales y orgánicos dentro y fuera de su municipio.

Este cúmulo de experiencias, conlleva a que las mujeres que realizan las prácticas agroecológicas, tengan contacto tanto con los miembros de su comunidad, como con actores externos a su contexto cultural.

Relaciones interculturales desde la perspectiva de género en la agroecología

El contacto de las mujeres de Cuzalapa y Chacala dentro de sus grupos culturales y con otros grupos culturales conlleva a relaciones intra e interculturales de diferentes tipos.

En las relaciones intraculturales, las mujeres han intentado el intercambio de saberes con productores y consumidores relacionados directamente con prácticas agroecológicas, así como con quienes producen alimentos mediante prácticas de la agricultura convencional (con alta dependencia a los agroquímicos y semillas transgénicas) o con quienes consumen alimentos ultraprocesados que son adquiridos en los comercios locales. El resultado de esta interacción les ha conllevado a la descalificación social que ellas atribuyen a dos cuestiones; la primera, a que el papel campesino en la producción de alimentos en estos contextos culturales está asociado a la construcción de las masculinidades, de tal forma que las mujeres indígenas campesinas difícilmente pueden ser consideradas

como portadoras de conocimiento o de saberes legítimos en la producción agroecológica de los alimentos, para lograr la legitimidad de su conocimiento, deben comprobarlo mediante la evidencia en sus huertos o parcelas. Sin embargo, sus limitaciones de acceso a activos para la habilitación de sus huertos agroecológicos (como la instalación de una red de riego) o a la tenencia de la tierra (en muchos casos ellas rentan o piden prestadas parcelas), constituyen impedimentos para demostrar sus conocimientos y habilidades. En segundo lugar, enfrentan la discriminación por otras mujeres de sus comunidades que no participan de la producción de alimentos, ya que consideran que es una actividad que distrae a las mujeres de sus roles reproductivos, los cuales son asociados a la construcción de sus feminidades. Lo anterior, conlleva a desigualdades al interior de los mismos grupos culturales. En ese sentido, los procesos encaminados a fortalecer los procesos intraculturales enfocados a la soberanía alimentaria a partir de las prácticas agroecológicas, están limitados en el caso de las mujeres por la posición en desventaja dentro de la jerarquización social para la producción de los alimentos al interior de sus grupos culturales. Aunado a lo anterior, el movimiento agroecológico al interior de estas comunidades indígenas, no ha logrado permear en todos los ámbitos de socialización de estas comunidades, sino más bien en espacios temporales que dificultan la asistencia de la mayoría de los miembros de la comunidad, ya que se cruzan con horarios de trabajo de campesinos y trabajadores remunerados.

Por otra parte, las relaciones interculturales se han materializado en el intercambio de saberes y experiencias con campesinos de otros municipios que realizan prácticas agroecológicas. En ocasiones, estos intercambios han tenido lugar en las propias comunidades indígenas, pero en la mayoría de los casos, tanto el intercambio de experiencias como el intercambio de semillas suele realizarse

en espacios organizados por el movimiento agroecológico en otros municipios del estado de Jalisco, lo que implica una gran dificultad para las mujeres indígenas de Cuza-lapa y Chacala. En primer lugar, la población de estas comunidades enfrenta muy poca disponibilidad de horarios para el transporte público o de vehículos particulares para poder trasladarse a otros municipios, y cuando se trata de vehículos particulares, más bien se destinan al uso de los hombres. En segundo lugar, en muchos de los casos las mujeres tienen poco poder de negociación con sus cónyuges, es decir, no les permiten abandonar sus responsabilidades domésticas, o les condicionan a que ellos les acompañen, lo que dificulta que ellas cuenten con la disponibilidad de tiempo y de recursos económicos para poder participar de los encuentros campesinos del movimiento agroecológico.

Lo anterior, conlleva a una polarización entre las mujeres que integran los grupos, dado que se genera descontento entre integrantes que salen a los espacios de comercialización de los productos y de estos intercambios de saberes, y quienes no lo hacen, afectando la permanencia de las últimas en dichos grupos.

Otro aspecto a considerar en las relaciones interculturales para el intercambio de saberes de las prácticas agroecológicas desde la perspectiva de género, tanto de producción como de comercialización de alimentos, se refiere a las diferencias culturales respecto a la disponibilidad de insumos, herramientas, activos y tiempo disponibles para estos intercambios, así como la falta de reciprocidad en el intercambio de saberes y en la co-evaluación de estas experiencias. Es decir, quienes acuden a estas comunidades indígenas para el intercambio de saberes, muchas veces recomiendan el uso de insumos y activos que no están disponibles en la zona, no se destina tiempo para escuchar sobre las prácticas bioculturales de la zona para la producción de alimentos,

se programan estos espacios de intercambio en horarios que se cruzan con las responsabilidades domésticas de las mujeres, y no se destina un espacio para evaluar la pertinencia de los temas que se tratan o de las necesidades de capacitación de las mujeres en la práctica agroecológica, de acuerdo a la problemática de su contexto.

Conclusiones: El diálogo intercultural desde la perspectiva de género como camino a la soberanía alimentaria

A partir de los resultados de este trabajo, se considera que es importante promover un diálogo intercultural dentro del movimiento agroecológico que tiene lugar en la zona indígena de Cuautitlán de García Barragán, en el suroeste de Jalisco, pero que es necesario que este diálogo se dé desde una perspectiva de género. Lo anterior implica, como lo señalan Moreno y Méndez (2019), la consideración de los roles, los estatus y los lugares asignados a las mujeres, los hombres y la diversidad de identidades genéricas, tomando en cuenta que el contexto cultural y social de los grupos que interactúan no necesariamente es fijo, sino que se encuentra en un proceso constante de evolución, en el cual hay que atender y resolver las asimetrías de las identidades atravesadas por el género y la etnia simultáneamente.

Lo anterior debería ser tomado en cuenta al promover las relaciones interculturales con base en el diálogo de saberes, el intercambio de experiencias y la puesta en

común de la preocupación por la soberanía alimentaria dentro y fuera de las comunidades indígenas. Actualmente, la discriminación de género hacia las mujeres de estas comunidades forma parte de su cotidianidad, aún más cuando tratan de promover las prácticas agroecológicas, ya que promueven formas diferentes de ser mujer en su lucha por la soberanía alimentaria, es decir, es necesario fortalecer los procesos intraculturales encaminados a lograr la soberanía alimentaria desde las prácticas agroecológicas con perspectiva de género.

Se concluye que la agroecología debe ser autocrítica, tanto como práctica, como ciencia y como movimiento social, para abrir espacios de diálogo que promuevan la escucha atenta hacia el otro y hacia sí mismo, como lo señalan Moreno y Méndez (2019), encontrando coincidencias y celebrando las diferencias, pero también atendiendo a las identidades complejas como es el caso de la intersección género/etnia, lo que abre un campo de posibilidades para contribuir a las agendas locales en torno a la construcción de sociedades más justas y equitativas.

BIBLIOGRAFÍA

- Ancona, P. (2015). *Beyond poverty: Livelihood strategies of women coffee producers in Western México* [Tesis de maestría, Wageningen University]. Erasmus Mundus International MSc in Rural Development.
- Anderson, C. R., Bruil, J., Chappell, M. J., Kiss, C., & Pimbert, M. P. (2021). *Agroecology now! Transformations towards more just and sustainable food systems*. Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-61315-0>
- Bizilur, Organización de Desarrollo Popular & Mundubat. (2015). *Soberanía alimentaria y feminismos*. Agencia Vasca de Cooperación para el Desarrollo. <https://base.socioeco.org/docs/soberania-alimentaria-y-feminismos.pdf>
- Borja-Naranjo, G. (2018). Tejiendo redes entre género, interculturalidad y biodiversidad. *Revista Cátedra*, 1(2), 92–103. <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/CATEDRA/article/view/765/2665>
- Dietz, G. (2017). Interculturalidad: Una aproximación antropológica. *Perfiles Educativos*, 39(156), 192–207. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982017000200192
- Dumont, A. M., Wartenberg, A. C., & Baret, P. V. (2021). Bridging the gap between the agroecological ideal and its implementation into practice: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 41(3), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00666-3>
- Espinosa, G. (2009). Movimientos de mujeres indígenas y populares en México: Encuentros y desencuentros con la izquierda y el feminismo. *Laberinto*, 1(29), 9–28. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3157280>
- Gagliano, J. C. (2020). *Agroecology feminisms: Gender, social movements and alternatives to industrial agriculture in Paraguay* [Tesis doctoral, Syracuse University]. <https://surface.syr.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1396&context=thesis>
- García, I., & Soler, M. (2010). Mujeres, agroecología y soberanía alimentaria en la comunidad Moreno Maia del Estado de Acre, Brasil. *Investigaciones Feministas*, 1, 43–65. <https://revistas.ucm.es/index.php/INFE/article/view/INFE1010110043A>
- Garzón, L. (2021). *Representaciones sociales de género en mujeres comercializadoras de mercados agroecológicos: Estudio de caso Mercado Agroecológico Universidad del Rosario* [Tesis de maestría, Universidad del Rosario]. <https://repository.urosario.edu.co/server/api/core/bitstreams/1aab6dce-707e-41ef-b2fc-897cf584cddf/content>
- HEGOA & ACSUR-Las Segovias. (2010). *Género en la educación para el desarrollo: Abriendo la mirada a la interculturalidad, pueblos indígenas, soberanía alimentaria y educación para la paz*. Universidad del País Vasco. <https://libros.metabiblioteca.org/bitstream/001/371/8/978-84-89916-40-1.pdf>
- INEGI. (2018). *Catálogo de metadatos geográficos*. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- INPI. (2020). *Atlas de los pueblos indígenas de México*. <http://atlas.inpi.gob.mx/nahuas-de-jalisco-etnografia/>

- Lopes, E., Alves, R., & Dias, P. (2020). Women working in animal husbandry: A study in the agroecological transition context. *Ciência Rural*, 50(1), 1–9. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190149>
- MDE México. (2023). *Jamaica de Chacala – MDE*. <https://www.mde-mexico.org/subproyectos/jamaica-de-chacala/>
- Moreno, V., & Ménez, E. M. C. (2019). Género y relaciones interculturales. En I. Villegas, G. Dietz, & M. Figueroa (Coords.), *La traducción lingüística y cultural en los procesos educativos: Hacia un vocabulario interdisciplinar* (pp. 197–223). Universidad Veracruzana; UNAM. <https://libros.uv.mx/index.php/UV/catalog/download/BI357/1445/1122-1>
- Ramírez, A. (2018). Limitantes de la interculturalidad en la Sierra Norte de Puebla, México. *Estudios Avanzados*, 29, 86–104. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6703325>
- Rico, M. N. (2016). Principales modelos interpretativos de la relación género-ambiente. En V. Vázquez, M. P. Castañeda, N. J. Cárcamo, & A. Santos (Comps.), *Género y medio ambiente en México: Una antología* (pp. 49–86). UNAM. <https://www.crim.unam.mx/web/node/1763>
- Robertson, M. (1999). La casa de nuestra cultura: El territorio de los nahuas de Ayotitlán. *Chiapas*, 8, 1–9. <https://chiapas.iiec.unam.mx/No8-PDF/ch8robertson.pdf>
- Rodríguez, E. (2013). Aproximación antropológica al debate entre género e interculturalidad. *Canto Rodado*, 8, 191–207. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4729162.pdf>
- Tirzo, J., & Hernández, J. (2010). Relaciones interculturales, interculturalidad y multiculturalismo: Teorías, conceptos, actores y referencias. *Cuicuilco*, 17(48), 11–34. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-16592010000100002
- Upadhyay, B. (2005). Women and natural resource management: Illustrations from India and Nepal. *Natural Resources Forum*, 29(3), 224–232. <https://doi.org/10.1111/j.1477-8947.2005.00132.x>
- Urretabizcaia, L. (2020). Interseccionalidad, soberanía alimentaria y feminismos de Abya Yala: Estudio de caso en Perú: FENMUCARINAP. *Cuadernos de Trabajo/Lan-Koadernoak Hegoa*, 2020(85), 7–50. https://publicaciones.hegoa.ehu.eus/uploads/pdfs/498/Lan_koadernoak_85.pdf
- Van der Pijl, Y. (1996). *Women's roles & gender differences* [Tesis de maestría, Wageningen Agricultural University].
- Vía Campesina. (2021). *1996: Declaración de Roma de La Vía Campesina que define por primera vez la soberanía alimentaria*. <https://viacampesina.org/es/1996-declaracion-de-roma-de-la-via-campesina-que-define-por-primera-vez-la-soberania-alimentaria/>
- Walsh, C. (2012). Interculturalidad y (de)colonialidad: Perspectivas críticas y políticas. *Visão Global*, 15(1–2), 61–74. <https://periodicos.unoesc.edu.br/visaoglobal/article/view/3412/1511>

Análisis multitemporal de cambio de uso de suelo. Su aplicación en un municipio rural de Veracruz, México

Luis Rojas Pérez¹, Juan Guillermo Cruz Castillo²,
Alejandro Monterroso Rivas³, Ismael Quiroz Guerrero⁴,
Pablo Torres Lima^{5*}

Resumen. Existen diversos procesos de cambio de uso de suelo (CUS) con diferentes niveles de impacto ambiental en México. El uso de modelos geomáticos, mediante el uso de imágenes de satélite gratuitas, puede ayudar a tomar decisiones acerca de la conservación de los recursos naturales. Este trabajo tiene como objetivo evaluar el CUS municipal, empleando un análisis multitemporal de la cobertura forestal en Huatusco, Veracruz, una región con alta diversidad de uso de suelo, con énfasis en la producción de café (*Coffea arabica* L.). Se utilizaron dos imágenes satelitales Planet, que tuvieron una clasificación supervisada Support Vector Machine. Se obtuvo como principales resultados que en 2017-2021 de las 20,294 ha totales, 11,074 ha permanecieron estables, mientras que 9,220 ha expresaron cambios. Las tasas de cambio en bosque mesófilo y pastizales mostraron una reducción anual de -10.9% y -4.5%. El área urbana, el uso predominante agrícola, la vegetación secundaria, los cuerpos de agua y las plantaciones perennes incrementaron entre 6 y 13.6%. En la validación de cartografía, el coeficiente Kappa para 2017 fue de 0.83 y el de 2021, 0.77. En la proyección a futuro 2021-2050, la categoría urbano y desarrollado, el uso predominante agrícola, y los cuerpos de agua tendrán incrementos de 4.9%. La vegetación secundaria se mantiene, y el bosque mesófilo -2.4%, y las plantaciones perennes -1.6% y los pastizales -0.7%. Se concluye que para la planeación territorial, principalmente agrícola y forestal, así como para la conservación de recursos naturales en los municipios de México, la aplicación de la metodología utilizada puede ser útil.

Palabras clave: Impacto ambiental; clasificación supervisada; predicción de cambio; matriz de confusión; recursos naturales.

Abstract. There are various land use change (LUC) processes with different levels of environmental impact in Mexico. The use of geomatics models, using free satellite images, can help in making decisions about natural resource conservation. This study aims to evaluate municipal CUS using a

¹ Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. ORCID: 0000-0001-5189-8736.

² Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. ORCID: 0000-0001-8687-6235.

³ Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. ORCID: 0000-0003-4348-8918.

⁴ Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Peñuela, Veracruz, México. ORCID: 0000-0003-4687-3221.

⁵ Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, CDMX, México. ORCID: 0000-0001-5253-8580.

* Autor de contacto. Correo electrónico: ptorres@correo.xoc.uam.mx

multitemporal analysis of forest cover in Huatusco, Veracruz, a region with highly diverse land use, and with an emphasis on coffee production (Coffea arabica L.). Two Planet satellite images were used, which underwent supervised Support Vector Machine classification. The main results obtained were that in 2017-2021, of the total 20,294 ha, 11,074 ha remained stable, while 9,220 ha showed changes. The rates of change in mesophilic forest and grasslands showed an annual reduction of -10.9% and -4.5%. Urban and developed areas, predominant agricultural use, secondary vegetation, water bodies, and perennial plantations increased between 6% and 13.6%. In the mapping validation, the Kappa coefficient for 2017 was 0.83 and for 2021, 0.77. In the 2021-2050 future projection, the urban area, predominant agricultural use, and water bodies will increase by 4.9%. Secondary vegetation remains, with mesophilic forest accounting for 2.4%, perennial plantations for 1.6%, and grasslands for 0.7%. It is concluded that the methodology used may be useful for land-use planning, mainly agricultural and forestry, as well as for the conservation of natural resources in Mexican municipalities.

Keywords: *Environmental impact; supervised classification; change prediction; confusion matrix; natural resources.*

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el planeta ha sufrido un acelerado proceso de cambios de uso del suelo (CUS), debido principalmente a la constante expansión urbana y el establecimiento de nuevas zonas agrícolas (Grimm et al., 2008). Las transformaciones humanas de los sistemas naturales y la explotación de los recursos naturales han provocado que algunos ecosistemas, y muchas especies se encuentren amenazadas (Flores-Tecalco et al., 2025). Esto ha im-

pactado de forma negativa la cubierta forestal mundial (Keenan et al., 2015).

Los historiadores ambientales y los ecologistas han reconstruido representaciones del cambio del paisaje en todo el mundo. Estos estudios no han cubierto la totalidad del planeta y no se han ensamblado para obtener una imagen global. Sin embargo, con la teledetección se ha obtenido la imagen global de los paisajes del mundo, además de la generación de escenarios futuros para un mejor entendimiento de cambios en el paisaje. Así, las predicciones pueden ser utilizadas como un sistema de alerta temprana que manifiesta los efectos de posibles cambios de usos del suelo que son prioritarios para un análisis ambiental o la intervención política mediante la toma de decisiones agroambientales (Lambin & Geist, 2006).

En México, las tasas de deforestación fueron en promedio de 0.5% (354,000 ha/año) en 1990–2000, y de 0.2% (155,000 ha/año) en 2005–2010 (FAO, 2010). Para muchas regiones de México, no se ha usado información espacial y temporal útil para cuantificar con precisión los CUS, ni en particular la deforestación. Es importante contar con cartografía de uso del suelo, reciente y precisa para la toma de decisiones sobre el manejo de los bosques, y el desarrollo de una agricultura amigable con el ambiente (Mas et al., 2017).

En virtud de que los paisajes rurales son portadores de una multitud de servicios ecosistémicos regionales, características y procesos de uso del suelo, y transformaciones socio-espaciales y temporales dinámicas, el estudio de sus componentes, características y magnitud del cambio, por ejemplo en la agricultura debe estar relacionado con la influencia de los sistemas agrícolas en el propio paisaje regional (Torres-Lima & Madrigal-Gómez, 2025). De esta forma, el análisis de los cambios de cobertura, y uso del suelo en cualquier territorio conlleva a comprender como interactúan factores socioeconómicos y biofísicos

(Pineda-Jaimes et al., 2011). Los estudios de cambio de uso de suelo y vegetación son el referente para conocer las trayectorias de procesos de cambio económico que existen en determinado territorio (Mas & Flamenco-Sandoval, 2011; Camacho-Sanabria et al., 2017).

El cambio de uso de suelo hacia monocultivos provoca pérdida de cobertura vegetal, contaminación del agua por uso indiscriminado e intensivo de agroquímicos y degradación del suelo por erosión (Gordillo-Ruiz & Castillo-Santiago, 2016). Una de las causas de ampliación de la frontera agrícola es la adaptación de los productores a las condiciones económicas, sociales y tecnológicas imperantes, con una tendencia clara a la reconversión productiva de cultivos no competitivos a competitivos. Otra causa es la implementación de las políticas globales; que dictan las tendencias de consumo y producción mundial de alimentos (Cruz-Delgado et al., 2013), y cuando se ha sobrepasado la frontera agrícola, se inicia la incursión hacia la frontera forestal (IICA, 2020).

El municipio de Huatusco, Veracruz, como modelo, tiene una superficie de bosque mesófilo de montaña (BMM), en estado virgen y vegetación secundaria del mismo; esta, se ha logrado mantener y regenerar en los últimos treinta años, no obstante, esto representa un importante desafío para la conservación de especies animales y vegetales por efectos del cambio de uso de suelo y la fragmentación del bosque (Partida-Sedas et al., 2017). En los últimos años Huatusco, al igual que otros municipios de México, ha tenido cambios de uso de suelo y se desconoce cómo esto ha influido en la pérdida de cobertura forestal. El análisis multitemporal del cambio de uso de suelo no ha sido ampliamente usado en México en comparación con países de Latinoamérica (Florez-Yepes et al., 2017; Montilla-Pacheco et al., 2017; Duval, 2017). El objetivo del presente trabajo fue evaluar el cambio de uso de suelo en el municipio de Huatusco durante 2017-2021, con el fin de mostrarlo como

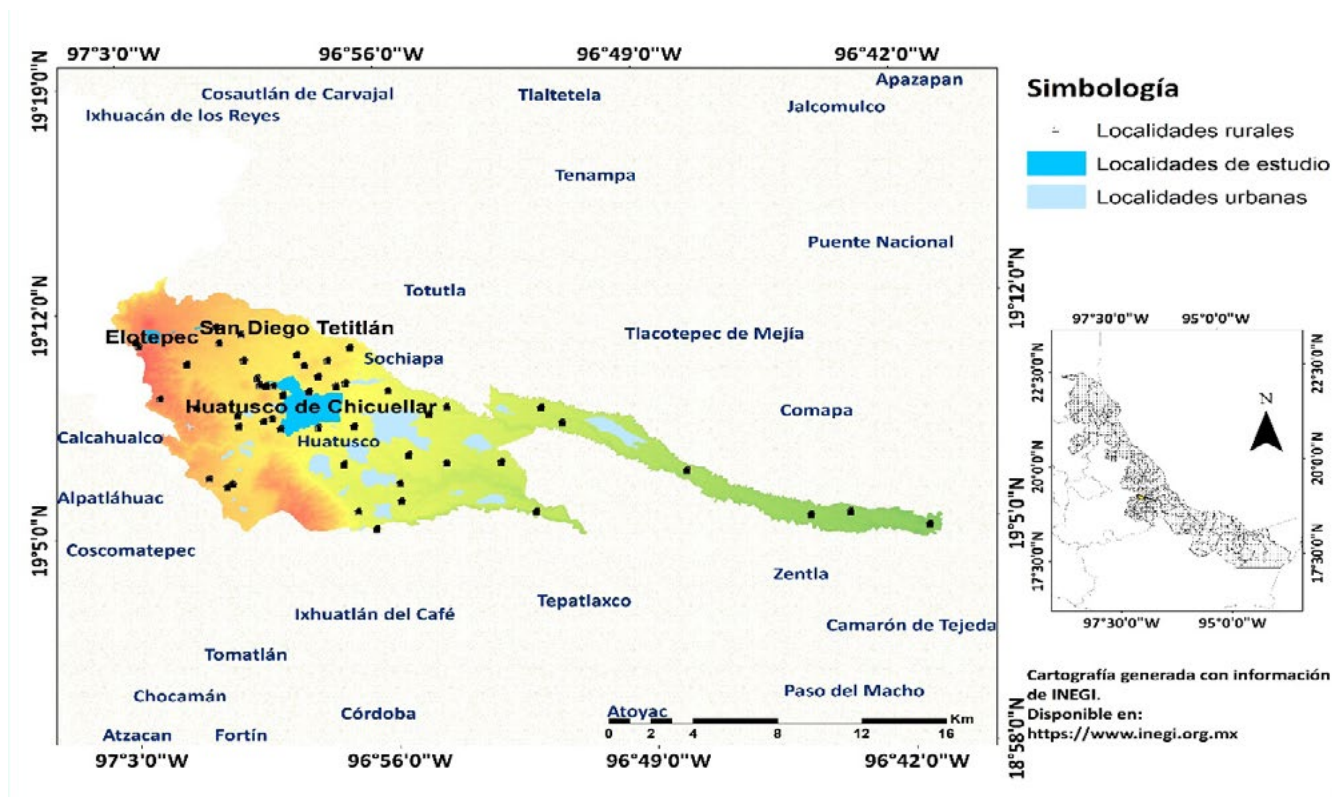
modelo a ser utilizado en otros municipios en México para conservar recursos naturales, y posibilitar el desarrollo de una agricultura amigable con el ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El municipio de Huatusco de Chicuellar (Huatusco), Veracruz, está ubicado en las provincias fisiográficas Sierra Volcánica Transversal y Llanura Costera del Golfo Sur (Figura 1). El conjunto de datos vectoriales Geológicos (INEGI, 2019), indica que las clases de roca más representativas son: ígneas extrusivas básicas (78%), calizas (18%) y Arenisca-Conglomerado (4%). Los suelos dominantes en la zona de estudio son: Andosols (46%), Luvisols (41%), Leptosols (10%) y Cambisols (3%). Se distinguen dos tipos de clima: cálido subhúmedo en la parte baja de 400 a 800 msnm (Aw1 y Aw2) y Semicálido húmedo ((A)C(m) y (A)C(fm)) en la parte alta de 800 a 2,000 msnm. Su microcuena es el río Capula. El municipio de Huatusco tiene 22,223 ha, y los usos más importantes del suelo son la agricultura de temporal semipermanente y permanente, como chayote y caña de azúcar (6,177 ha), pastizal cultivado (5,295 ha), agricultura de temporal permanente, tal es el caso de aguacate, café y macadamia (3,338 ha), vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña (2,538 ha) y bosque mesófilo de montaña (1,517 ha) (INEGI, 2019). Los primeros derivan de la remoción de los segundos y cuentan con la intrusión de especies de zonas de uso agropecuario y recreativo (López-Pérez et al., 2011).

Figura 1. Área de estudio. Municipio de Huatusco, Veracruz



Fuente: Elaboración original.

Procesamiento inicial de imágenes y obtención de cartografía base

Se obtuvieron dos imágenes satelitales Planet de una estación similar (16/07/2017 y 12/07/2021), con las cuales se generó cartografía sobre el uso de suelo y vegetación para cada uno de ellos en el municipio de Huatusco, Veracruz.

Para la obtención de las imágenes se empleó la plataforma Planet Explorer (Planet Team, 2021) con una resolución de 3x3 m. Además de las imágenes mencionadas, se

utilizó el marco geoestadístico del INEGI (INEGI, 2019). A las imágenes satelitales se les realizó una combinación de bandas y se generó una composición infrarroja (Bandas 4-3-2). La vegetación fue de tonalidad roja, debido a la alta reflectividad en el infrarrojo (Chuvienco, 2002). Las imágenes de satélite se procesaron mediante clasificación supervisada con base en la aplicación del algoritmo Support Vector Machine (Fragou et al., 2020). Se asignaron siete categorías de análisis, las cuales fueron: urbano y desarrollado, uso predominante agrícola, plantaciones perennes, pastizal, bosque mesófilo, vegetación secundaria y agua.

Análisis del cambio de uso del suelo

El análisis multitemporal se realizó con el software ArcGIS PRO. Se analizaron dos pares de mapas mediante una matriz de tabulación cruzada en el que las categorías de usos del suelo del tiempo 1 estuvieron representadas en las filas, y las categorías de usos del suelo del tiempo 2, en las columnas. Así, se puede ver la cantidad que cambia de una categoría a otra y la persistencia, mostrada en la diagonal (Pontius et al., 2004).

Tasas de cambio

Las tasas de cambio se determinaron a partir de la ecuación (FAO, 1996):

$$t = \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

Donde t es la tasa de cambio; S_1 es la superficie cubierta por un tipo dado de uso/cobertura del suelo en la fecha 1; S_2 es la superficie del mismo uso/cubertura del suelo en la fecha 2 y; n es el número de años transcurridos entre las dos fechas. Para expresar en % se multiplicó por 100.

Validación de la cartografía

Los puntos de muestreo utilizados como regiones de interés fueron asignados por conocimiento previo de las categorías de análisis del área de estudio. El método utilizado para validar la cartografía fue una matriz de confusión en

con ArcGIS PRO, la cual es una matriz bidimensional, en donde generalmente las filas representan las clases de referencia (verdad terreno) y las columnas las categorías del mapa (verdad imagen), deducidas de la interpretación de imágenes de satélite (Sánchez-Muñoz, 2016). La diagonal de la matriz expresó el número de puntos de verificación para los cuales existió una correspondencia entre las categorías del mapa clasificado y los datos de referencia, mientras los marginales indicaron errores de asignación (Mas, Díaz-Gallegos, & Pérez-Vega, 2003) Con esta matriz se obtuvo el coeficiente Kappa para cada uno de los mapas, el cual es una medida de precisión que oscila entre 0 (totalmente impreciso) y 1 (completamente exacto) y mide la concordancia observada entre la clasificación y los datos de referencia y el acuerdo que podría lograrse únicamente mediante coincidencias aleatorias (Lesschen et al., 2005).

Modelo de cambios de usos de suelo

Con la herramienta Land Change Modeler del software Terrset se analizaron los cambios en la cobertura de suelo, se modelaron empíricamente las relaciones con las variables explicativas (distancia a carreteras, distancia a zonas urbanas, altitud y pendiente) y se simuló escenarios futuros de CUS para 2030, 2040 y 2050 (Singh et al., 2022). También, se realizó un análisis sobre la tenencia de la tierra, cercanía a zonas urbanas y grupos de suelos para conocer su probable influencia en el cambio de uso de suelo del municipio en 2017-2021.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

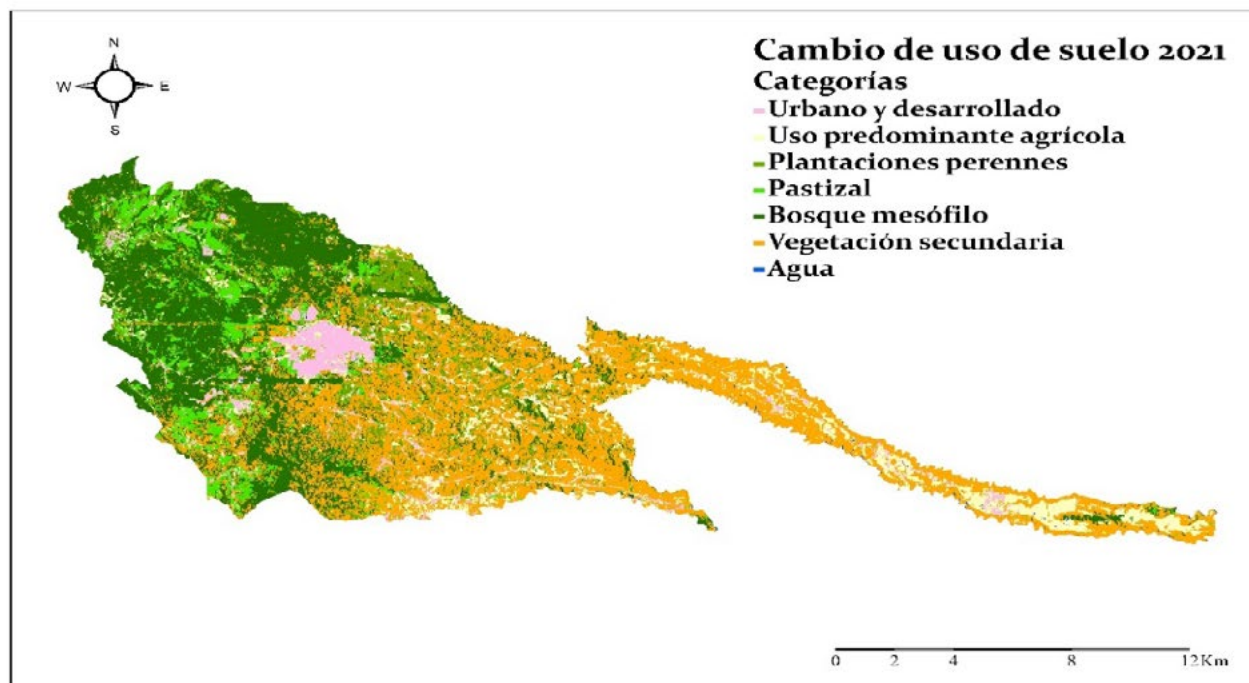
Cartografía de uso de suelo y vegetación para los años 2017 y 2021

Al comparar el año 2017 (Figura 2) con el de 2021 (Figura 3) el área de bosque mesófilo se deforestó y aumentaron las áreas destinadas al uso predominante agrícola,

urbano y desarrollado, y las plantaciones perennes. En el año 1985 existían 2,135 ha de vegetación primaria de bosque mesófilo de montaña (BMM) y 1649 ha de vegetación secundaria, mientras que, en el 2013, la vegetación primaria abarcó 2,036 ha y la secundaria 1,374 ha (Partida et al., 2017).

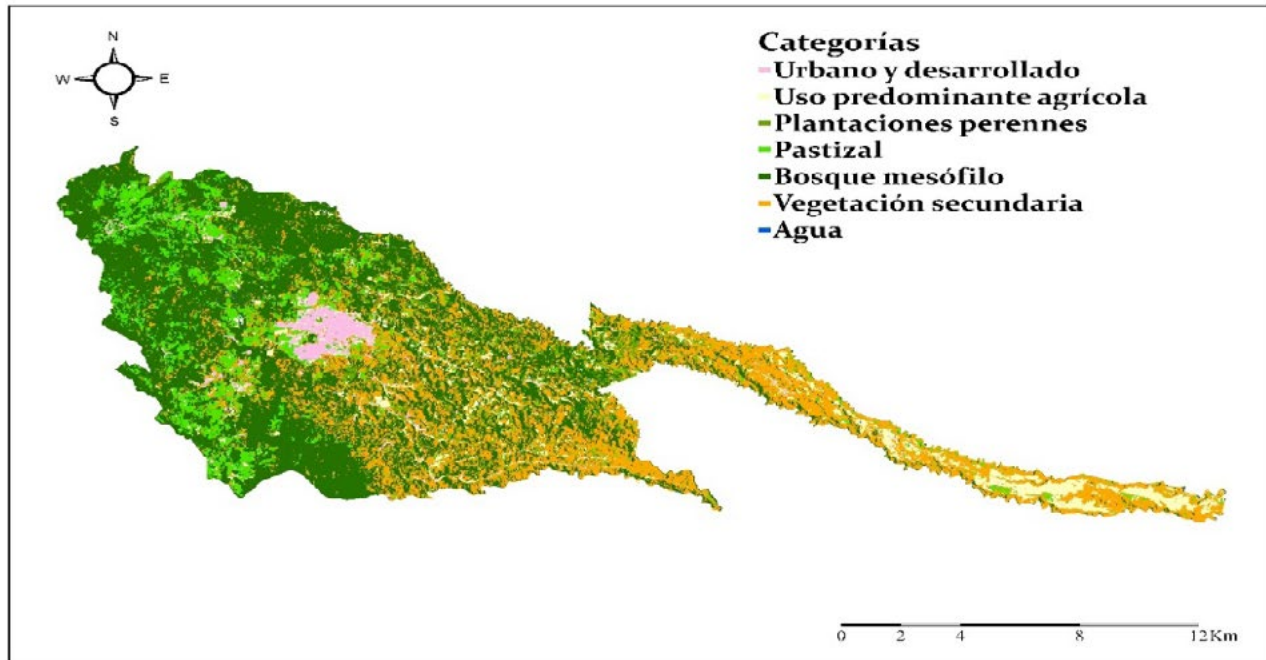
El BMM está limitado a la región montañosa del municipio (1200-1800 msnm), esta condición fisiográfica ha condicionado el avance de los agroecosistemas, sin embargo, esto no ha evitado que se continúe con la deforestación para plantar principalmente aguacate ‘Hass’ (*Persea americana* Mill.) y cafetos (*Coffea arabica*).

Figura 2. Uso de suelo y vegetación de Huatusco, Veracruz en el año 2017



Fuente: Elaboración original.

Figura 3. Uso de suelo y vegetación de Huatusco, Veracruz en el año 2021



Fuente: Elaboración original.

Persistencias, pérdidas y ganancias y tasas de cambio en el período 2017-2021

En el período de 2017 a 2021, de las 20,294 ha en total 11,074 ha (55%) de la superficie total permanecieron estables, mientras que 9,220 ha (45%) expresaron cambios en la cobertura y uso del suelo (Cuadro 1). El área con bosque mesófilo registró pérdidas de 4,737 ha (23.4%) y respecto con las ganancias de cobertura, las categorías urbano y desarrollado, uso predominante agrícola, plantaciones perennes y cuerpos de agua registraron ganancias de 449.8 ha (2%), 1,207.5 ha (6%), 1,552.7 ha (8%) y 22.3 ha (0.1%) respectivamente. Casos de pérdidas de superfi-

cie arbórea existen también en Sinaloa, México, donde la selva perdió 2,374.19 km² y, por el contrario, la agricultura de temporal se extendió en 3326.62 km² y la categoría de asentamientos humanos pasó de tener 191.51 km² a 623.28 km² (Monjardín-Armenta et al., 2017). En otro estudio, en la cuenca del río Sabinal, Chiapas, México, durante 1992-2002 el 72% del territorio de la cuenca conservó su mismo tipo de cobertura de suelo, mientras que 28% tuvo algún tipo de cambio, y los bosques tuvieron un decremento de 663 ha (8.7%). También, la vegetación secundaria disminuyó 177 ha (1.5%), sin embargo, los mayores cambios ocurrieron en asentamientos humanos, los cuales se expandieron a 4,331 ha (63%) y el área de cultivos disminuyó en 3,538 ha (24.2%) (Gordillo-Ruiz & Castillo-Santiago, 2016).

Cuadro 1. Persistencias, pérdidas, ganancias, y tasas anuales de cambio en el período 2017-2021

	Usos de suelo							Superficie Total ha/%
	Urbano y desarrollado	Uso predominante agrícola	Pastizal	Bosque mesófilo	Vegetación secundaria	Agua	Plantaciones perennes	
Área 2017 (ha)	575	1280	2055	9516	5416	18	1435	20294
%	2.8	6.3	10.1	46.9	26.7	0.1	7.1	100
Área 2021 (ha)	959	1905	1709	5994	7890	25	1813	20294
%	4.7	9.4	8.4	29.5	38.9	0.1	8.9	100
Persistencia	509	697	1070	4779	3756	3	260	11074
%	2.5	3.4	5.3	23.6	18.5	0.0	1.3	55
Pérdidas	66	583	985	4737	1660	15	1175	9220
%	0.3	2.9	4.9	23.4	8.2	0.1	5.8	45
Ganancias	449.8	1207.5	638.5	1215.6	4134.0	22.3	1552.7	9220
%	2	6	3	6	20	0	8	45
Tasas de cambio %	13.6	10.4	-4.5	-10.9	9.9	9.4	6	

Fuente: Elaboración original.

Las tasas de cambio por categoría (Cuadro 1) mostraron en 4 años que el bosque mesófilo y los pastizales tuvieron un proceso de reducción anual de -10.9% y -4.5%. Por otra parte, existió un proceso de expansión del área urbana y desarrollada, el uso predominante agrícola, los cuerpos de agua y las plantaciones perennes con 13.6%, 10.4%, 9.4% y 6% respectivamente. En la cuenca del río Metztlán, (Hidalgo, Veracruz y Puebla) existió una tasa positiva de 2.3% para la superficie leñosa (1.42%)

(Reynoso-Santos et al., 2016). En Comalcalco, Tabasco, México, el uso agrícola presentó una tasa de crecimiento de 1%, mientras que el pastizal 0.9% a diferencia del área urbana que alcanzó 6.1% durante 10 años (Ramos-Reyes & Palomeque-de la Cruz, 2017) Tabasco, México. En general, en México, existen tasas negativas para bosques y selvas y aumentos en desarrollos urbanos (Sahagún-Sánchez & Reyes-Hernández, 2018).

Validación de la cartografía

En 2017 todas las categorías de análisis tuvieron alta correspondencia, a excepción del uso predominante agrícola con el 61% y es debido a que en algunas partes de la imagen se confunde con plantaciones perennes y vegetación secundaria (Cuadro 2). El coeficiente Kappa general (0.83) tuvo muy buena concordancia.

En el 2021, todas las categorías mostraron alto porcentaje de correspondencia a excepción de la vegetación secundaria que tiene 77%, la cual se confunde con bosque mesófilo y plantaciones perennes (Cuadro 3). El coeficiente Kappa es de 0.77% y es de buena concordancia.

Cuadro 2. Matriz de confusión del año 2017

Categorías	Urbano y desarrollado	Uso predominante agrícola	Pastizal	Bosque mesófilo	Vegetación secundaria	Agua	Plantaciones perennes	Total	U_Accuracy	Kappa
Urbano y desarrollado	30	2	1	0	0	0	0	33	0.91	0
Uso predominante agrícola	1	43	1	0	0	0	1	46	0.93	0
Pastizal	0	2	32	1	2	0	0	37	0.86	0
Bosque mesófilo	0	0	0	344	0	0	0	344	1.00	0
Vegetación secundaria	0	8	0	9	8	0	0	25	0.32	0
Agua	0	1	0	0	0	10	0	11	0.91	0
Plantaciones perennes	0	14	0	5	0	0	9	28	0.32	0
Total	31	70	34	359	10	10	10	524	0.00	0
P_Accuracy	0.97	0.61	0.94	0.96	0.80	1.00	0.90	0.00	0.91	0
Kappa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.83

Fuente: Elaboración original.

Cuadro 3. Matriz de confusión del año 2021

Categorías	Urbano y desarrollado	Uso predominante agrícola	Pastizal	Bosque mesófilo	Vegetación secundaria	Agua	Plantaciones perennes	Total	U_Accuracy	Kappa
Urbano y desarrollado	34	1	0	0	1	0	0	36	0.94	0
Uso predominante agrícola	0	25	0	0	0	0	0	25	1.00	0
Pastizal	0	2	20	3	3	0	0	28	0.71	0
Bosque mesófilo	0	0	0	266	11	0	1	278	0.96	0
Vegetación secundaria	2	0	0	31	75	0	0	108	0.69	0
Agua	0	0	0	0	0	10	0	10	1.00	0
Plantaciones perennes	0	1	0	10	8	0	9	28	0.32	0
Total	36	29	20	310	98	10	10	513	0.00	0
P_Accuracy	0.94	0.86	1.00	0.86	0.77	1.00	0.90	0.00	0.86	0
Kappa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.77

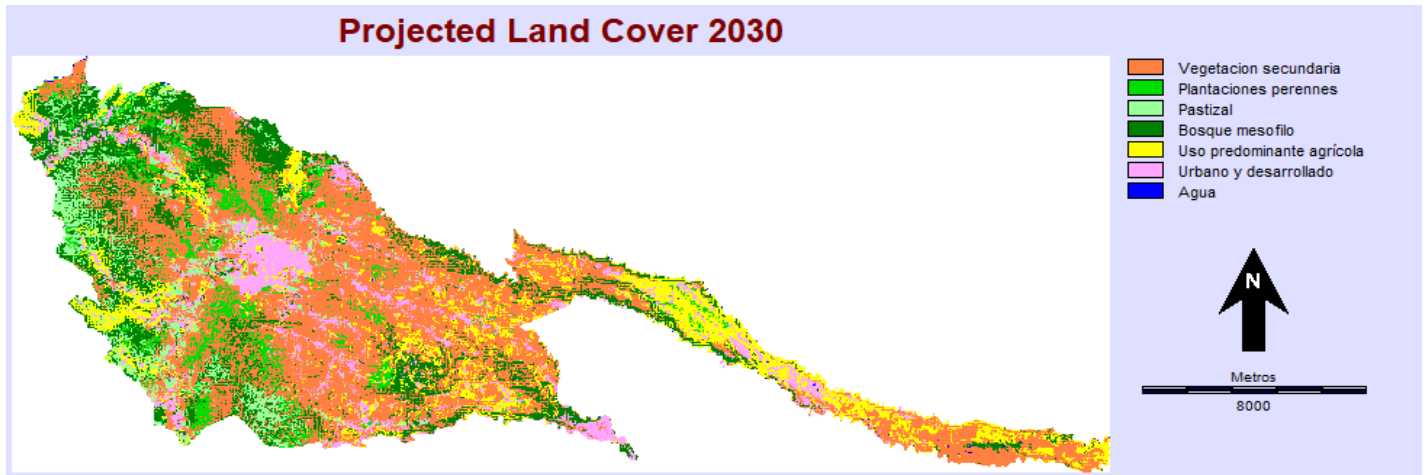
Fuente: Elaboración original.

En una zona de transición de montaña en el estado de México, el 93% de la superficie de bosque representada en el mapa correspondió a esta categoría, y 7% restante perteneció al sector agropecuario. Asimismo, el 13.3% de la superficie cartografiada como agropecuario correspondió a bosque (Camacho-Sanabria et al., 2015).

Modelo de cambios de usos de suelo

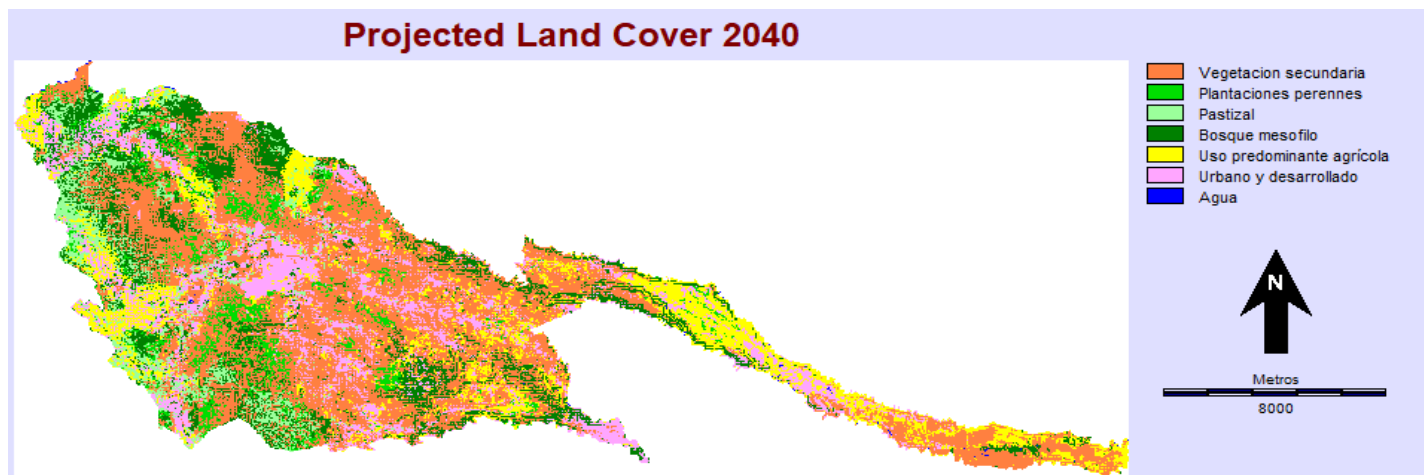
Con los mapas de uso de suelo para los años 2017 y 2021 se obtuvieron tres diferentes escenarios a futuro con el modelador de cambio de uso de suelo de Terrset, los cuales corresponden al año 2030, 2040, 2050 (Figuras 4, 5 y 6). La categoría urbano y desarrollado, en donde se engloban zonas urbanas, carreteras, invernaderos, bodegas, entre otros para el 2050 es 4 veces mayor que en 2021. Caso contrario sucede con el bosque mesófilo que tendrá una reducción del 50% respecto a la superficie del año 2021.

Figura 4. Uso de suelo y vegetación de Huatusco, Veracruz para el año 2030



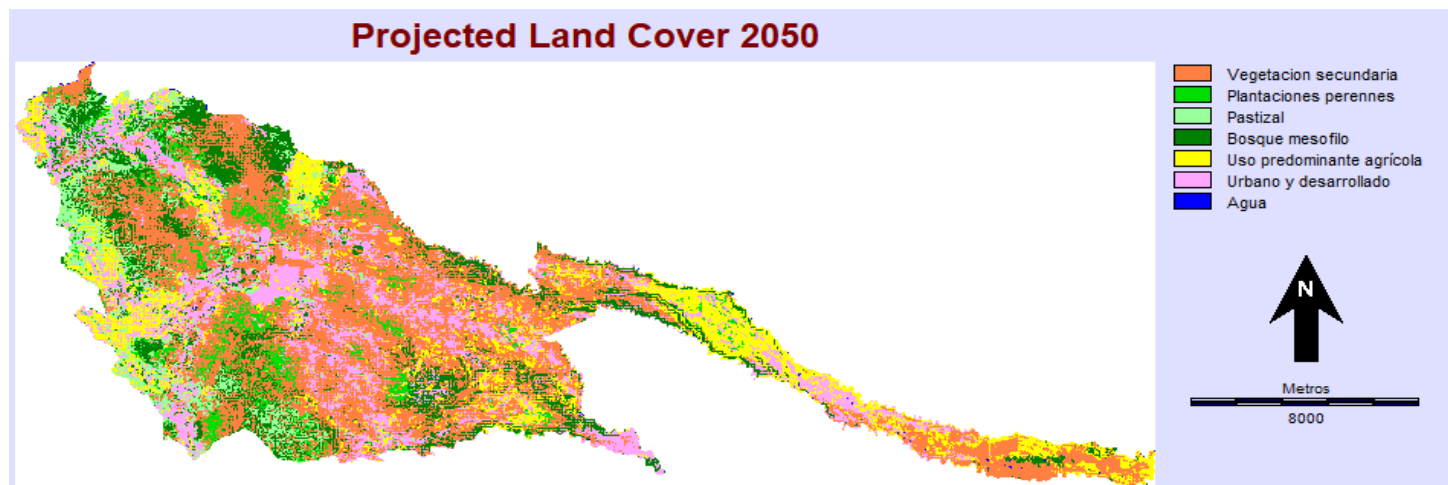
Fuente: Elaboración original.

Figura 5. Uso de suelo y vegetación de Huatusco, Veracruz para el año 2040



Fuente: Elaboración original.

Figura 6. Uso de suelo y vegetación de Huatusco, Veracruz para el año 2050



Fuente: Elaboración original.

En el Cuadro 4 se muestra la superficie, porcentaje y tasa de cambio de uso de suelo durante el período 2021-2050 en donde podemos observar que la categoría urbano y desarrollado tendrá un incremento de 4.9%, lo cual significa que pasaría de 959 ha en 2021 a 3,879 ha para el año 2050; otra categoría con crecimiento positivo es el uso predominante agrícola, esta va de 1,905 ha en 2021 a 3,046 ha en 2050 con una tasa de cambio de 1.6%. Por último, en cuanto a incremento de la tasa de cambio se observan los cuerpos de agua con un 0.5% y estos pueden pasar de 25 ha en 2021 a 29 ha en 2050.

Este crecimiento acelerado también se encontró en la ciudad de Melbourne, Australia en el periodo 2014-2030, en terrenos residenciales e industriales con una tasa de 26.13% y en tierras cultivadas con 6.99% (Rahnama, 2021). En Riad, Arabia Saudita, estimaron un crecimiento de la zona urbana de 38.2 % para el espacio de tiempo

entre 2017-2047 (Altuwaijri et al., 2019). En el presente estudio, existió una categoría que se mantuvo neutral entre 2021-2050 y fue la vegetación secundaria. En la Zona Costera: Cuauhtemotzin-El Pailebot, Tabasco, en una proyección de 2018 a 2030 encontraron una tasa de -0.9% en la cobertura arbórea (Ramos-Reyes et al., 2019).

Dentro de las categorías con tasa de cambio negativa se encuentra el bosque mesófilo con -2.4% puesto que en 2021 existen 5,994 ha y en el año 2050 pasaría a 2,929 ha. Otra de las categorías con tasa de cambio negativa (-1.6%) son las plantaciones perennes, donde se agrupan sistemas agroforestales de café, plantaciones de aguacate y caña con una superficie de 1813 ha en 2021 y 1122 ha en 2050. Y finalmente los pastizales tendrán una reducción de -0.7% pasando de 1,709 ha en 2021 a 1,400 ha en 2050 (Cuadro 4).

Cuadro 4. Superficie, porcentaje y tasa cambio de uso de suelo 2021-2050 en Huatusco, Veracruz

Categoría	2021 (ha)	%	2030 (ha)	%	2040 (ha)	%	2050 (ha)	%	Tasa de cambio (%)
Urbano y desarrollado	959	4.7	2023	10.0	3089	15.2	3879	19.1	4.9
Uso predominante agrícola	1905	9.4	2847	14.0	3040	15.0	3046	15.0	1.6
Pastizal	1709	8.4	1477	7.3	1422	7.0	1400	6.9	-0.7
Bosque mesófilo	5994	29.5	3690	18.2	3166	15.6	2929	14.4	-2.4
Vegetación secundaria	7890	38.9	8875	43.7	8351	41.1	7890	38.9	0.0
Agua	25	0.1	26	0.1	27	0.1	29	0.1	0.5
Plantaciones perennes	1813	8.9	1357	6.7	1200	5.9	1122	5.5	-1.6
Total	20295	100	20294	100	20294	100	20294	100	

Fuente: Elaboración original.

En Nashe, Etiopía entre 2019-2050 estimaron en tierras forestales una tasa de cambio de -52.3%, en pastizales de -65.7% y en tierras de pastoreo de -21.1% mientras que las tierras agrícolas tienen un crecimiento de 20% (Leta et al., 2021). En la cuenca del río Manipur, India, existieron tendencias similares con una reducción del bosque de 1.4% y un incremento de la superficie construida de 20.99%, y los cuerpos de agua se incrementaron en un 16.4%, y la agricultura en 3.06% (Anand & Oinam, 2020).

Los escenarios a futuro de cambio de uso de suelo generan una perspectiva sobre posibles impactos ambientales causados en el territorio, y permiten establecer una regulación en el desarrollo de las actividades

antropogénicas. Con la integración de los modelos geomáticos del cambio de uso del suelo puede existir una planeación a corto y mediano plazo en el establecimiento de programas de ordenamiento territorial, que disminuyan impactos negativos en el territorio (Ramos-Reyes et al., 2021).

Cercanía a zonas urbanas

Como se aprecia en las figuras de cambio de uso de suelo para ambos años (2017 y 2021) las áreas que se encuentran cercanas a las zonas urbanas son más propicias a

presentar cambios en el uso del suelo que aquellas más alejadas como es el caso de la parte oeste y norte donde podemos observar el bosque mesófilo de montaña. El crecimiento de la población generalmente conlleva a una sobreexplotación de los recursos y una demanda mayor de servicios. Dos cambios significativos del suelo son de agrícola y pastizal a asentamientos humanos (Pineda-Jaimes et al., 2009; López-Vázquez et al., 2015).

CONCLUSIONES

En Huatusco, Veracruz durante el periodo 2017-2021 el paisaje ha sido modificado debido al cambio de uso de suelo, el 55% de la superficie ha permanecido estable, mientras que el 45% expresó cambios en la cobertura y uso del suelo. El área con bosque mesófilo y el pastizal tienen una tasa anual negativa en tanto otras indican un proceso de crecimiento, como es la categoría urbano y desarrollado, uso predominante agrícola, vegetación secundaria, plantaciones perennes y cuerpos de agua.

En el año 2050 la categoría urbano y desarrollado, el uso predominante agrícola y los cuerpos de agua tendrán un incremento en la superficie, la vegetación secundaria se mantendrá igual, mientras que el bosque mesófilo, las plantaciones perennes y los pastizales disminuirán en superficie.

Estudios de esta índole, pueden ser útiles a municipios de México para llevar a cabo una planeación territorial y la conservación de recursos naturales estratégicos utilizando las imágenes satelitales gratuitas disponibles.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada a LRP para sus estudios de Doctorado, y a Planet Team por la licencia otorgada.

BIBLIOGRAFÍA

- Altuwajri, H. A., Alotaibi, M. H., Almudlaj, A. M., & Almalki, F. M. (2019). Predicting urban growth of Arriyadh city, capital of the Kingdom of Saudi Arabia, using Markov cellular automata in TerrSet geospatial system. *Arabian Journal of Geosciences*, 12(4), 135. <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4261-z>
- Anand, V., & Oinam, B. (2020). Future land use land cover prediction with special emphasis on urbanization and wetlands. *Remote Sensing Letters*, 11(3), 225–234. <https://doi.org/10.1080/2150704X.2019.1704304>
- Camacho-Sanabria, J.-M., Juan Pérez, J. I., Pineda Jaimes, N. B., (2015). Cambios de cobertura/uso del suelo en una porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña. *Madera y bosques*, 21(1), 93–112.
- Camacho-Sanabria, R., Camacho-Sanabria, J. M., Balderas-Plata, M. Á., & Sánchez-López, M. (2017). Cambios de cobertura y uso de suelo: Estudio de caso en Progreso Hidalgo, Estado de México. *Madera y Bosques*, 23(3), 39–60. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2331516>
- Chuvienco, E. (2002). *Teledetección Ambiental. La Observación de la Tierra Desde el Espacio*. Ariel Ciencia.
- Cruz-Delgado, D., Leos-Rodríguez, J. A., & Altamirano-Cárdenas, J. R. (2013). México: Factores explicativos de la producción de frutas y hortalizas ante la apertura comercial. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 19(3), 267–278. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2012.05.029>
- Duval, V. S. (2017). Análisis temporal de la actual configuración espacial de áreas protegidas de la provincia de La Pampa. *Revista Universitaria de Geografía*, 2(26), 11–35.
- FAO. (1996). Forest resources assessment 1990—Survey tropical forest cover studies of change processes. Recuperado el 25 de agosto de 2022, de <https://www.fao.org/3/w0015e/w0015e00.htm>
- FAO. (2010). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010 | FAO. Recuperado el 25 de agosto de 2022, de <https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/288282/>
- Flores-Tecalco, A., García-Martínez, M.A., Serna-Lagunes, R., Ponce-Méndez, M. (2025). Respuesta de la diversidad de escarabajos coprófagos a las actividades de manejo en un paisaje de bosque mesófilo de montaña. *Madera y bosques* 31 (e312607):1-14. <https://doi.org/10.21829/myb.2025.312607>
- Florez-Yepes, G. Y., Rincon-Santamaría, A., Cardona, P. S., & Alzate Alvarez, A. M. (2017). Análisis multi-temporal de las coberturas vegetales en el área de influencia de las minas de oro ubicadas en la parte alta del sector de Maltería en Manizales, Colombia. *DYNA*, 84(201), 95. <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n201.55759>
- Fragou, S., Kalogeropoulos, K., Stathopoulos, N. (2020). *Quantifying Land Cover Changes in a Mediterranean Environment Using Landsat TM and Support Vector Machines*.

- Gordillo-Ruiz, M. C., & Castillo-Santiago, M. A. (2016). Cambio de uso del suelo en la cuenca del río Sabinal, Chiapas, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(10), 39. <https://doi.org/10.19136/era.a4n10.803>
- Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Bai, X., & Briggs, J. M. (2008). Global Change and the Ecology of Cities. *Science*, 319(5864), 756–760. <https://doi.org/10.1126/science.1150195>
- IICA, M. D. F. (México). (2020). *Aprendizajes y trayectorias del sector agroalimentario mexicano durante el TLCAN*. Recuperado de <https://repositorio.iica.int/handle/11324/11849>
- INEGI, I. N. de E. y. (2019). Temas. Recuperado el 25 de agosto de 2022, de <https://www.inegi.org.mx/temas/>
- Keenan, R. J., Reams, G. A., Achard, F., de Freitas, J. V., Grainger, A., & Lindquist, E. (2015). Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015. *Forest Ecology and Management*, 352, 9–20. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.014>
- Lambin, E. F., & Geist, H. (Eds.). (2006). *Land-Use and Land-Cover Change: Local Processes and Global Impacts*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/3-540-32202-7>
- Lesschen, J. P., Verburg, P., & Staal, S. (2005). Statistical Methods for Analysing the Spatial Dimension of Changes in Land Use and Farming Systems. *The International Livestock Research Institute, Nairobi, Kenya & LUCC Focus 3 Office, Wageningen University, the Netherlands*, (7), 82.
- Leta, M. K., Demissie, T. A., & Tränckner, J. (2021). Modeling and Prediction of Land Use Land Cover Change Dynamics Based on Land Change Modeler (LCM) in Nashe Watershed, Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. *Sustainability*, 13(7), 3740. <https://doi.org/10.3390/su13073740>
- López-Pérez, Y., Tejero-Díez, J. D., Torres-Díaz, A. N., & Luna-Vega, I. (2011). Flora del bosque mesófilo de montaña y vegetación adyacente en Avándaro, Valle de Bravo, estado de México, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (88), 35–53.
- López-Vazquez, V. H., Plata, M. Á. B., Mejía, M. C. C., Pérez, J. I. J., & Cedillo, J. G. G. (2015). Cambio de uso de suelo e implicaciones socioeconómicas en un área mazahua del altiplano mexicano. *CIENCIA ergo-sum*, 22(2), 136–144.
- Mas, J. F., Díaz-Gallegos, J. R., & Pérez-Vega, A. (2003). Evaluación de la confiabilidad temática de mapas o de imágenes clasificadas: Una revisión. *Investigaciones Geográficas*, (51). <https://doi.org/10.14350/rig.30414>
- Mas, J. F., & Flamenco-Sandoval, A. (2011). *Modelación de los cambios de coberturas/uso del suelo en una región tropical de México*. 24.
- Mas, J. F., Lemoine Rodríguez, R., González, R., López Sánchez, J., Piña Garduño, A., & Herrera Flores, E. (2017). Evaluación de las tasas de deforestación en Michoacán a escala detallada mediante un método híbrido de clasificación de imágenes SPOT. *Madera y Bosques*, 23(2), 119–132. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2321472>

- Monjardín-Armenta, S. A., Pacheco-Angulo, C. E., Plata-Rocha, W. et al., (2017). La deforestación y sus factores causales en el estado de Sinaloa, México. *Madera y bosques*, 23(1), 7–22. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2311482>
- Montilla-Pacheco, A. de J., Reyes-Rivero, A. C., & Agüero-Corzo, E. (2017). Análisis de Deforestación en Ecosistemas Boscosos del Refugio de Vida Silvestre Pácoche, Manabí Manta, Ecuador. *Revista de Investigación*, 41(92), 74–94.
- Partida-Sedas, S., Cabal-Prieto, A., Sánchez-Arellano, L., & Muñoz-Torres, J. P. (2017). Análisis de la Reducción Estructural Del Bosque Mesófilo De Montaña En Huatusco, Veracruz, Mexico. *Agro Productividad*, 10(6).
- Pineda-Jaimes, N. B., Bosque-Sendra, J., Gómez-Delgado, M., & Franco-Plata, R. (2011). Análisis de los factores inductores de los cambios ocurridos en la superficie forestal del estado de México en el período 1993-2000. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (56), 9–34.
- Pineda-Jaimes, N. B., Bosque-Sendra, J., Gómez-Delgado, M., & Plata-Rocha, W. (2009). Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes: Una aproximación a los procesos de deforestación. *Investigaciones geográficas*, (69), 33–52.
- Pontius, R. G., Shusas, E., & McEachern, M. (2004). Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 101(2), 251–268. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.008>
- Rahnama, M. R. (2021). Simulation of land use land cover change in Melbourne metropolitan area from 2014 to 2030: Using multilayer perceptron neural networks and Markov chain model. *Australian Planner*, 57(1), 36–49. <https://doi.org/10.1080/07293682.2021.1920994>
- Ramos-Reyes, R., & Palomeque-de la Cruz, M. Á. (2017). Modelación del cambio de uso del suelo en Comalcalco, Tabasco, México. *Revista de Urbanismo*. <https://doi.org/10.5354/0717-5051.2017.47986>
- Ramos-Reyes, R., Palomeque-De la Cruz, M. Á., Megía-Vera, H. J. et al., (2021). Modelo del cambio de uso de suelo en el sistema lagunar Carmen-Pajonal-Machona, México. *Terra Latinoamericana*, 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.587>
- Ramos-Reyes, R., Palomeque-de la Cruz, M. Á., Megía-Vera, H. J., & López-Benitez, P. (2019). Modelación del cambio de uso del suelo en la Zona Costera: Cuauhtemotzin-El Pailebot, Tabasco, México.
- Reynoso-Santos, R., Valdez-Lazalde, J. R., Escalona-Maurice, M. J., de los Santos-Posadas, H. M., & Pérez-Hernández, M. J. (2016). Cadenas de Markov y autómatas celulares para la modelación de cambio de uso de suelo. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 37(1), 72–81.
- Sahagún-Sánchez, F. J., & Reyes-Hernández, H. (2018). Impact of land use cover change on protected natural areas in central region of Sierra Madre Oriental, Mexico. *CienciaUAT*, 12(2), 6–21.
- Sánchez-Muñoz, J. M. (2016). Análisis de Calidad Cartográfica mediante el estudio de la Matriz de Confusión. *Pensamiento Matemático*, 6(2), 9–26.

- Singh, B., Venkatramanan, V., & Deshmukh, B. (2022). Monitoring of land use land cover dynamics and prediction of urban growth using Land Change Modeler in Delhi and its environs, India. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20900-z>
- Torres-Lima, P. & Madrigal-Gómez, J. (2025). Assessment of peri-urban dynamics and agricultural traditionality in a mega-city by using a hybrid geospatial model. A case study in Mexico. In Sahana, M. (ed) *Remote Sensing and GIS in Peri-urban Research. Perspectives on Global Change, Sustainability and Resilience*, Modern Cartography Series. Vol. 11, Elsevier, Netherlands. Pp.663-685, <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15832-2.00029-0>

Actividades antrópicas y funcionalidad ecológica de un paisaje costero

Jaime Matus Parada^{1*}, Iván Ernesto Roldán Aragón²,
Alejandro Meléndez Herrada³.

Resumen. *En todo el mundo, los productores de subsistencia afectan negativamente a los recursos naturales de uso común, disminuyendo a la vez sus condiciones socioeconómicas. El objetivo de esta investigación fue explorar las posibilidades de mejorar la colaboración comunitaria y contribuir en la construcción de alternativas al uso de estos recursos en el paisaje costero de Chautengo, Guerrero. Se diagnosticaron los cambios de uso del suelo, la fragmentación, el riesgo de erosión y la avifauna; a la par de las actividades antrópicas con repercusiones en la funcionalidad del paisaje y las particularidades de la colaboración comunitaria. Los resultados revelan la dispersión de las aves por las microcuencas; la sustitución de áreas naturales por áreas antropizadas; una creciente fragmentación; un elevado riesgo de erosión edáfica y una colaboración comunitaria de subsistencia limitada en la construcción de rutas para adaptarse a las condiciones actuales. Se concluye en fortalecer el desarrollo comunitario y las redes sociales hacia la sustentabilidad.*

Palabras clave: *Colaboración comunitaria; Avifauna; Cambios de uso de suelo; Riesgo de erosión.*

Abstract. *Around the world, subsistence farmers negatively impact common-pool natural resources, simultaneously diminishing their socioeconomic conditions. The objective of this research was to explore possibilities for improving community collaboration and contributing to the development of alternatives to the use of these resources in the coastal landscape of Chautengo, Guerrero. Land-use changes, fragmentation, erosion risk, and avifauna were diagnosed, along with anthropogenic activities impacting landscape functionality and the specifics of community collaboration. The results reveal the dispersal of birds throughout the micro-watershed; the replacement of natural areas with anthropogenic ones; increasing fragmentation; a high risk of soil erosion; and limited subsistence community collaboration in building routes to adapt to current conditions. The conclusion is to strengthen com-*

¹ Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Departamento El Hombre y su Ambiente. ORCID: 0000-0002-2865-5549 correo electrónico: montagno_49@hotmail.com

² Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Departamento El Hombre y su Ambiente. ORCID: 0000-0002-2420-3262.

³ Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Departamento El Hombre y su Ambiente. ORCID: 0000-0001-6688-5700.

* Autor de contacto. Correo electrónico: montagno_49@hotmail.com

munity development and social networks toward sustainability.

Keywords: *Community collaboration; Avifauna; Land use changes; Erosion risk.*

INTRODUCCIÓN

Como resultado de luchas sociales y reformas agrarias, diferentes áreas rurales se han habitado por productores de pequeña escala⁴, quiénes inciden de forma heterogénea en la transformación de su entorno, ya que presentan diferencias en la manera en que usan sus recursos (Toledo et al., 2002), pero que tienen en común habitar en paisajes rurales con limitados recursos de apoyo institucional y con problemas de naturaleza económica y ecológica (Yu et al., 2024). Gran parte de dichos problemas emergen a partir de su producción de subsistencia que depende del entorno natural, por lo que la interdependencia entre lo económico y lo ecológico es muy alta en estos lugares (Pratzer et al., 2025). De esta forma, los pequeños productores al alterar humedales cuando extienden sus áreas agropecuarias (Hou et al., 2024), al modificar los causes naturales de la red hidrológica con fines de regadío (Zhao et al., 2023), al utilizar agroquímicos para incrementar su producción (Moal et al., 2019), o al alterar la biodiversidad local (George y Santos, 2025), no solo afectan la ecología

del paisaje⁵, sino también reducen la capacidad de sus espacios productivos. Afectación que explica en parte la baja productividad que estos productores tienden a presentar y que se suma a los problemas económicos de estos pobladores, los cuales suelen tener poca propensión a la innovación agrícola, una participación predominantemente en mercados locales tradicionales (Carrasco, 1999) y prácticas de comercialización a través de intermediarios (Ramírez, 2020).

En este trabajo, se resaltan las actividades antrópicas comunitarias que afectan a un paisaje regional y que suelen ser comunes para ellos (Yu et al., 2024). También se destaca la colaboración entre las partes interesadas por representar una alternativa que ha manifestado grandes probabilidades de reducir los efectos negativos de las actividades antrópicas en los paisajes de este tipo (Cinti et al., 2025). La relevancia de dicha alternativa se debe en gran parte a que las áreas paisajísticas han forjado una fuerte interdependencia entre ellas (Walston y Hartmann, 2018), de tal forma que la preservación del paisaje requiere de la colaboración de los usuarios de los recursos para reducir el riesgo de afectaciones ecológicas, tales como el ciclo del agua, el flujo de nutrientes, al balance sedimentario o la dinámica de comunidades bióticas (Lauber et al., 2011). En realidad, la incidencia de la colaboración entre las partes interesadas en un paisaje es múltiple, debido a que mejoran la regulación del uso de los recursos naturales (Bodin y Crona, 2009); apoya, fortalece y empodera a

⁴ Algunos autores han clasificado a los habitantes de estos espacios terrestres como usuarios de tierra para la subsistencia de pequeños propietarios (Meyfroidt, 2018).

⁵ La funcionalidad del paisaje se ha interpretado de forma diversa en la literatura del campo, aquí se retoma la idea de entenderla como una perspectiva donde el paisaje es una unidad funcional compuesta por diferentes subsistemas altamente interdependientes y capaces de reaccionar integralmente a diferentes tipos de estrés sin perder identidad Cabañelez et al., 2024).

los usuarios de los recursos (Blázquez et al., 2021); amplía la capacidad de adaptación de los interesados en el paisaje (Bodin y Chen, 2023); incrementa la probabilidad de desarrollar nuevas formas de gestión (Huggins y Thompson, 2023); faculta la creación de nuevas rutas comunitarias para la mejora ecológica y social (Grillitsch, 2019), y mejora los ingresos de los habitantes mediante el desarrollo de vínculos sociales interregionales (Yu et al., 2024).

Aunque no resulta una cuestión insuperable, mejorar la colaboración en el uso de recursos comunitarios suele ser difícil de abordar (Bodin y Chen, 2023). Una contribución en la dirección de este reto consiste en diagnosticar las debilidades de colaboración de las actividades antrópicas de los usuarios, las cuales resultan amenazantes para la funcionalidad ecológica de un paisaje costero ubicado en la Costa Chica del estado de Guerrero, México. Como indicadores de funcionalidad paisajística se analizan los cambios en el uso del suelo, la fragmentación de la selva baja caducifolia (SBC), el riesgo de erosión y la estructura temporal de la avifauna⁶. En este sentido, las aves silvestres tienen una importancia relevante en los ecosistemas. Al ser especies consumidoras en las redes tróficas, se alimentan de una gran cantidad de insectos, semillas, frutos y animales que, de otra manera, pudieran convertirse en plagas; a esta función, se le añade el ser polinizadoras, dispersoras de semillas e, incluso, ser la presa de especies depredadoras (Şekerciöglü et al., 2016).

En un sentido amplio, la colaboración en el uso de recursos comunitarios implica considerar diversos niveles

que suelen establecerse entre actores, tales como comunidades locales, gobiernos, empresas, organizaciones no gubernamentales, usuarios, entre otros (Margerum y Robinson, 2015). Sin embargo, el trabajo se centra en forma exclusiva en los usuarios de recursos, los cuales manifiestan indicios de que mantienen complejas relaciones con diferencias individuales, personas con limitada comunicación, divisiones en subgrupos, relaciones oportunistas, así como problemas de dominación local con representantes del poder que promueven la persistencia institucional y cultural (Moreno-Tabarez et al., 2024), lo cual las hace parte de las comunidades con reconocidos rasgos que elevan el reto de mejorar la colaboración (Breul et al., 2021).

Explicar los problemas del uso de recursos comunitarios a través de las características de colaboración de sus usuarios no es un enfoque novedoso, pues constituye una temática ya abordada en diversos estudios (Bodden y Crona, 2009; Prell et al., 2009; Schaal et al., 2024; Cinti et al., 2025). Además, con la finalidad de avanzar más allá del diagnóstico, la investigación se adhiere a la teoría de la agencia⁷, que también constituye un enfoque ya aplicado en los estudios del paisaje (Christensen y Van Eetvelde, 2024; Van Eetvelde et al., 2024). Con esta perspectiva que permite no solo develar el comportamiento de los usuarios, sino también entender las raíces de este, el trabajo finaliza presentando un avance de la decisión comunitaria de extender la agencia colaborativa de los

⁶ Se han propuesto diversos indicadores para estudiar la funcionalidad ecológica del paisaje (Li et al., 2021), en el trabajo se retoman solo algunos de ellos por su relevancia en el área de estudio, pero sin pretender en lo absoluto ser exhaustivos.

⁷ Al interno de la teoría de la agencia es posible diferenciar enfoques, al que se adhiere este trabajo es al de la teoría de la intencionalidad colectiva, el cual concibe a los grupos sociales como intencionales y que reconoce que las personas pueden cambiar su agencia sin que necesariamente se encuentre precedido de algún cambio estructural (Mackenzie, 2023).

usuarios de los recursos naturales, esto en el marco de un proyecto sustentado en el supuesto de que el potencial de nuevas trayectorias de mejora regional, requiere la formación de formas colectivas de agencia basadas en sólidas redes estratégicas sustentadas en un compromiso compartido (Grillitsch y Sotarauta, 2020; Huggins y Thompson, 2023).

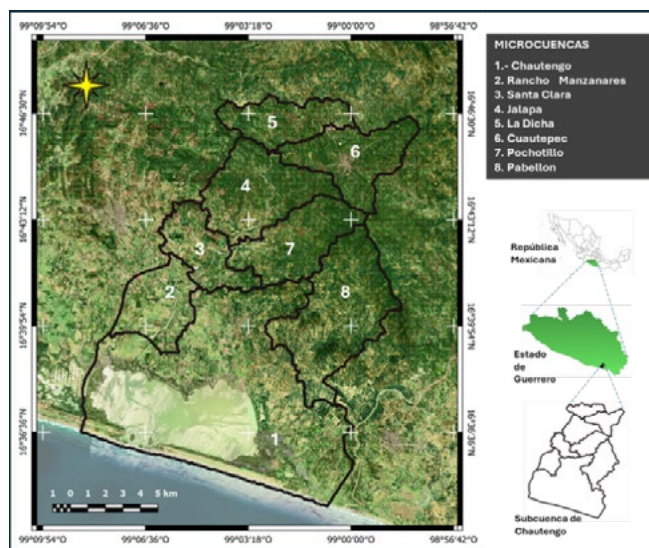
METODOLOGÍA

Definición del paisaje y de las unidades ambientales

El estudio se llevó a cabo en La subcuenca Laguna de Chautengo en la Costa Chica del estado de Guerrero, ubicada hidrológicamente en la Región Número 20 Costa Chica-Río Verde, dentro de la Cuenca Río Nexpa (CONAGUA, 2010). Tiene una superficie territorial de 270.5 Km² y se encuentra entre las coordenadas geográficas 16°34'18" y 16°47'06" de latitud Norte y 98°57'47" y 99°08'40" de longitud Oeste (Figura 1). La subcuenca de Chautengo contiene ocho microcuencas⁸, consideradas aquí como unidades ambientales, las cuales fueron definidas con base en un modelo digital de elevación (INEGI, 1999; 2002), con un umbral de área mínima de 1000 ha (Eastman, 2012).

La zona tiene un gradiente altitudinal desde el nivel del mar hasta los 630 metros en su parte noroeste. El clima corresponde al cálido subhúmedo ($Aw_1(w)$), con temperatura promedio anual entre 27.0 y 28.6 °C, precipitación total anual entre 1188.3 mm y 1354.9 mm y máximas anuales de precipitación registradas entre 2149.8 mm y 2888.0 mm en las partes bajas y altas, respectivamente (CONAGUA, 2025a,b). La laguna de Chautengo está considerada dentro de la AICA⁹ 24 que comprende a las 10 lagunas costeras del estado de Guerrero (Arizmendi y Márquez, 2000).

Figura 1. Localización de la subcuenca de Chautengo y sus microcuencas



Fuente: INEGI, Red Hidrográfica. Región H. Costa Chica – Río Verde

⁸ De las ocho microcuencas, una se ubica en la parte baja de la subcuenca de Chautengo (1. Chautengo), cuatro en la parte media (2. Rancho Manzanares, 3. Santa Clara, 7. Pochotillo y 8. Pabellón) y tres en la parte alta (4. Jalapa, 5. La Dicha y 6. Cuautepéc).

⁹ Una AICA es un Área de Importancia para la Conservación de las Aves.

Diagnóstico ecológico- cambios de uso del suelo y fragmentación

Para establecer la dinámica de cambio en el paisaje se consideraron dos tiempos, los años 2015 y 2024-2025. Para el primero, se utilizó el plano de “Cobertura del Suelo de México a 30 metros, 2015” (CONABIO, 2020) del conjunto de datos para el mapa Cobertura del suelo de América del Norte. Para el segundo tiempo, se realizó una clasificación supervisada (Chuvienco, 2002) con imágenes Sentinel de la plataforma Copernicus (2025), de octubre de 2024 y abril de 2025. La leyenda de trabajo consideró las siguientes clases de uso del suelo y vegetación para toda la subcuenca de Chautengo: Selva Baja Caducifolia, Pastizal, Vegetación acuática, Cuerpo de agua, Suelo descubierto, Agricultura y Área urbana. Posteriormente, se estimó la superficie de cada clase para cada tiempo, con las cuales se obtuvieron las tasas de cambio con base en la ecuación de la FAO (2007), que expresa el cambio anual de la superficie en porcentaje, esta es:

$$\delta n = [S2/S1]^{1/n} - 1$$

Donde:

δn = Tasa de cambio

S1 = Superficie en la fecha 1

S2 = Superficie en la fecha 2

n = Número de años entre las dos fechas.

La fragmentación de la subcuenca de Chautengo, expresada en este caso con base en su contraparte, la conectividad promedio del paisaje (Vogt, 2025), fue estimada a

partir del mapa de uso del suelo y vegetación 2024-2025, en el que se consideró la clase de Selva Baja Caducifolia como la vegetación “natural u original” en la zona. Este proceso se llevó a cabo con la herramienta Guidos Toolbox (Vogt, 2025), la cual mide la “densidad del área de primer plano” (FAD. Por sus siglas en inglés), que es el número de píxeles de primer plano (hábitat de interés–SBC) con respecto al número total de píxeles (expresado en porcentaje) de una ventana móvil con un tamaño definido por el usuario o, bien, definida de forma automática para varias escalas. En este trabajo se estimó el promedio de las ventanas móviles con superficie de 0.49 ha, 1.69 ha, 7.29 ha, 65.61 ha y 590.49 ha. Además, se obtuvieron las siguientes métricas del paisaje para la subcuenca y microcuenas: número, tamaño promedio (ha) y densidad de fragmentos (número/100 ha) (Mcgarigal y Ene, 2023).

Diagnóstico ecológico-Riesgo de erosión

Se realizaron recorridos matutinos de identificación durante tres días, 18, 19 y 20 de marzo de 2025, donde se evaluó el impacto de factores naturales y antrópicos en el suelo a través de múltiples transectos observacionales. Durante los transectos se identificaron diversos indicadores visuales de erosión del suelo, tales como: surcos y cárcavas, exposición de raíces, pérdida de cobertura vegetal, sedimentación en cuerpos de agua y desprendimiento de suelo en laderas. Además, se realizó un registro fotográfico desde diferentes ángulos para documentar el estado del paisaje y uso del suelo.

Los datos obtenidos en campo, durante los recorridos por los diferentes transectos observacionales, se complementaron haciendo uso de imágenes satelitales de Google

Earth y mapas de usos de suelo de fuentes como INEGI y CONABIO, así como con información documental sobre datos climatológicos (precipitación, temperatura y eventos extremos) que influyen en los procesos erosivos. Una vez recolectados los datos, se implementó un análisis de riesgo de erosión a nivel de paisaje siguiendo la metodología propuesta por Montes-León et al. (2011), con base en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada (RUSLE. Por sus siglas en inglés), esta es:

$$A = R K L S C P$$

Donde:

- A = tasa de erosión anual (ton/ha.año).
- R = factor de erosividad de la lluvia (MJ. mm/ha.h).
- K = factor de erodabilidad del suelo (ton.h/MJ.mm).
- LS = factor topográfico longitud-pendiente.
- C = factor de vegetación y cultivo.
- P = factor de prácticas conservación.

En cuanto al factor R, se utilizó la ecuación generada por Becerra (1977, Citado por Montes-León et al., 2011) de la región diez ($6.8938 \cdot P + 0.000442 \cdot P^2$) de la República Mexicana, para lo cual se utilizaron los datos de la precipitación media anual obtenidos a partir de las capas mensuales generadas por Cuervo-Robayo et al. (2013). Para el factor de erodabilidad del suelo (K), se utilizó el Conjunto Nacional de Información Edafológica, escala 1:250 000 Serie III de INEGI (2024), al cual se le asignaron los coeficientes de erodabilidad propuestos en la Base Referencial Mundial de Suelos según el tipo y textura del suelo, señalados por Montes-León et al. (2011). El factor LS, fue generado de forma automática en TerrSet liberaGIS (Clark University, 1987-2024) que considera el método convencional propuesto por Renard et al. (1997),

a partir del modelo digital de elevación. Los coeficientes del factor de cobertura del suelo por la vegetación (C), fueron tomados de Montes-León et al. (2011), quienes los obtienen de distintos autores citados en su documento. Finalmente, para el factor de prácticas de conservación del suelo (P) se asignó el valor de uno, que no tiene efecto sobre el producto de los factores. Los resultados de pérdida de suelo fueron expresados según los rangos de clasificación de la erosión potencial hídrica propuestos para México por Montes-León et al. (2011).

Diagnóstico Ecológico-Composición y estructura de la avifauna

Para la avifauna, se adoptó un enfoque de diversidad alfa puntual, es decir, la diversidad de aves en un momento y tiempo determinado (Halffter y Moreno, 2005). La información de la riqueza y abundancia de las especies fue considerada por microcuenca con la finalidad de comparar la composición avifaunística. Asimismo, se delimitaron especies de interés por su estatus de riesgo (SEMARNAT, 2010; IUCN, 2025) y endemismo (González y Gómez de Silva, 2002). De esta manera, la avifauna se asoció con la cobertura vegetal, principalmente de la selva baja caducifolia.

Para determinar los cambios en la composición y estructura de la avifauna en las diferentes microcuencas¹⁰,

¹⁰ Para el análisis avifaunístico, se consideraron siete microcuencas y sólo se excluyó a Rancho Manzanares por complicaciones logísticas en el tiempo de muestreo del área de estudio.

se implementó un esquema de muestreo del 18 al 20 de marzo de 2025 de acuerdo a las condiciones ambientales prevalentes. Se registró principalmente la especie y el número de individuos. Con base en Ralph et al. (1993) y Bibby et al. (2000), los muestreos iniciaron al amanecer y terminaron hacia el mediodía. Se establecieron seis círculos de conteo por microcuenca con un radio fijo de 25 m, permaneciendo 15 min en cada círculo y separados por al menos 200 m, considerando los ambientes indicados en la Figura 2B y distribuidos a lo largo de XXX – Aquí, Jaime, por favor, menciona el nombre del camino de donde se distribuyeron los alumnos para hacer su muestreo (ver nota del archivo adjunto “Respuestas Aves a los revisores”). Se registraron todas las especies vistas y escuchadas. Las especies de aves se identificaron con el apoyo de guías de campo para la observación de aves (Dunn y Alderfer, 2017), y como apoyo adicional la aplicación Merlin Bird ID en la identificación de los cantos y vocalizaciones de las aves. La actualización de los nombres científicos y el arreglo taxonómico se basaron en la AOS check-list (Chesser et al., 2024).

Diagnóstico Colaborativo- Agencia comunitaria colaborativa

Debido a una serie de problemas regionales asociados con la baja producción agropecuaria y la mortalidad masiva de peces en la laguna, un grupo de 54 pobladores de 17 comunidades, participaron en seis reuniones con la finalidad de identificar las causas de sus problemas, así como debatir sobre los posibles caminos a seguir.

Con cada uno de estos participantes se trabajó individualmente mediante una entrevista semiestructurada con tres preguntas base: ¿Con quién suele relacionarse? ¿De qué cosas habla con las diferentes personas? y ¿Cuáles de las actividades que realiza afectan al medio ambiente? Con estas preguntas se exploraron temas adicionales, adaptando el contenido de las preguntas de acuerdo a las respuestas del entrevistado (Kallio et al., 2016). A la par, se realizaron observaciones de campo sobre las actividades cotidianas de los habitantes que tuvieran implicaciones y presiones antrópicas para el paisaje, las cuales se enlistaron, analizaron y clasificaron.

La información obtenida mediante las entrevistas se analizó cualitativamente con la ayuda del programa MAXQDA (24.7.0). Para interpretar los datos e identificar con quién se relacionan los habitantes, se realizó una diferenciación en tres grandes clases: intragrupos, intergrupos y comunidades y entorno. También este análisis permitió descubrir las clases de contenidos informativos que suelen intercambiar los entrevistados, diferenciándose así las siguientes seis categorías: 1) relaciones comerciales, 2) apoyo económico, 3) conflictos y rivalidades, 4) información y acuerdos, 5) intercambios de conocimientos y 6) esquemas culturales. La agencia comunitaria colaborativa se estimó empleando los resultados de estos análisis y asumiendo una relación entre agencia humana y redes sociales (Bodin y Crona, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

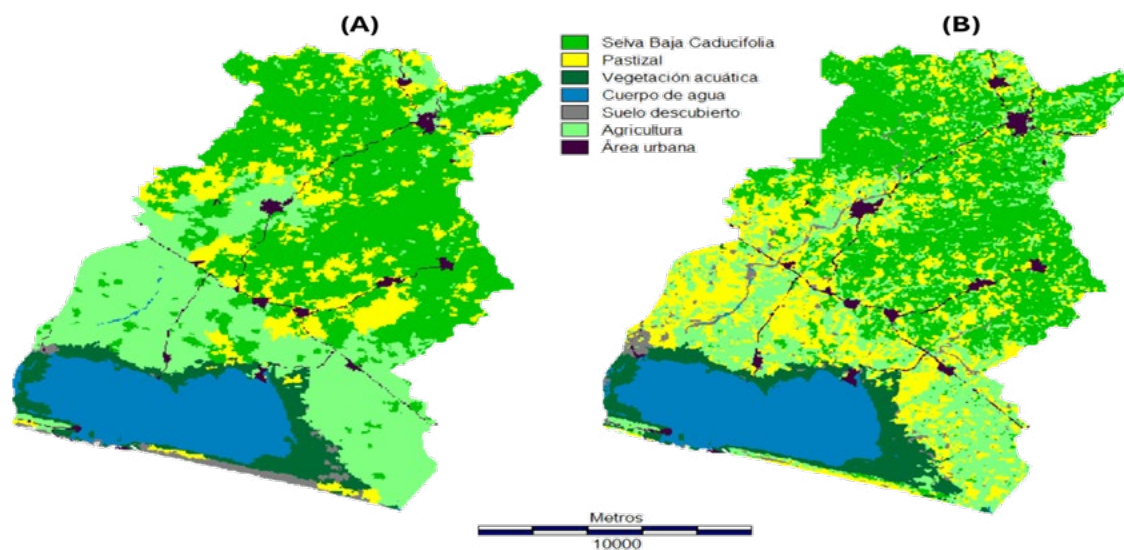
Diagnóstico ecológico- Cambios de usos del suelo y fragmentación

La clasificación para el mapa de uso del suelo y vegetación (USyV) de 2024-2025 (nombrado mapa 2025) de la subcuenca de Chautengo, resultó con un valor de fiabilidad global de 77.7% y valor de Kappa de 71.24%, cifras que indican una adecuada representación de las coberturas del suelo (Berlanga et al., 2010; Hernández-

Guzmán et al., 2019; Hernández-Pérez et al., 2022; Juárez-Fragoso et al., 2023).

El mapa 2025 muestra que las clases que ocupan la mayor superficie son la SBC con el 33% y Pastizal y Agricultura con un 22% cada una. También se destaca la clase Cuerpo de agua en el 13% y la Vegetación acuática en el 6% de la extensión. Las cuatro clases restantes en conjunto ocupan menos del 6% de la superficie. De igual forma, el mapa del año 2015 muestra que las clases de SBC, Pastizal y Agricultura ocupaban el mismo orden en cuanto a sus superficies en ese año, disminuyendo en conjunto, al pasar del 78% al 77% para 2025 (Figura 2, Cuadro 1).

Figura 2. Uso del suelo y vegetación en la subcuenca Chautengo en los años (A) 2015 y (B) 2025



Localidades en la subcuenca de Chautengo: 1.- La Dicha, 2.- Cuautepec, 3.- Jalapa, 4.- Santa Clara, 5.- Chautengo, 6.- Los Tamarindos, 7.- Pico de Monte, 8.- Las Peñas, 9.- El Carrizo, 10.- El Líbano, 11.- San José de las Palmas, 12.- San Antonio, 13.- El Pabellón, 14.- El Salto.

Cuadro 1. Superficie, tasa de cambio y persistencia de usos del suelo y vegetación (US y V) en la subcuenca de Chautengo

USyV	2015		2025	Tasa de cambio 2015 - 2025		Persistencia 2015 - 2025
	ha	%	ha	%	%/año	%
Selva Baja Caducifolia	10045	37	8720	32	-1.4	69
Pastizal	3163	11	5795	21	6.2	35
Vegetación acuática	1589	6	1679	6	0.6	92
Cuerpo de agua	3382	12	3364	12	-0.1	97
Suelo descubierto	372.1	1.4	579	2	4.5	13
Agricultura	7630	28	5918	22	-2.5	47
Área urbana	469	1.8	596	2	2.4	78

Las dinámicas de cambio de USyV entre 2015 y 2025 indicaron una persistencia del 63%, cifra que coincide con el estimado a nivel nacional por López-Teloxa y Monterroso-Rivas (2024) para los años 2001 – 2018 y es inferior al reportado (87.6%) por Semarnat (2008) años antes (1993 a 2002). A nivel regional, en la Costa Grande de Guerrero, Duran-Medina et al. (2007) para una zona de transición de bosque templado a tropical, principalmente de SBC, registraron para 1979 al 2000 una persistencia de 92.1%. De esta forma, se tiene que el valor de persistencia a nivel nacional y regional ha disminuido, lo que implica dinámicas de cambio recientes más intensas para la zona de estudio.

En los últimos años las tendencias han mostrado cambios netos negativos para las coberturas naturales, con algunas excepciones, y positivos para coberturas antrópicas (López-Teloxa y Monterroso-Rivas, 2024; Berlanga et al., 2010; Duran-Medina et al., 2007). Estos patrones se replican para la zona de estudio, puesto que

pérdidas importantes (2718 ha) se presentan en la SBC con dirección de cambio hacia Agricultura y Pastizal, registrando así una tasa de -1.4%/año. Dichos procesos han mostrado tasas semejantes, como ha sucedido en el municipio de Santa María Huatulco, Oaxaca (Galicia et al., 2014), para el estado de Michoacán (Bocco et al., 2001) y Morelos (Trejo y Dirso, 2000), con tasas todos ellos entre -1.0 y -1.4%/año. A nivel nacional recientemente los valores son superiores, como lo muestran López-Teloxa y Monterroso-Rivas (2024) quienes obtuvieron una tasa de -5.1%/año entre 2001 y 2018.

Las cifras históricas a nivel regional y nacional han mostrado un aumento de la extensión de la agricultura (Berlanga et al., 2010; Escandón et al., 2018 Hernández-Guzmán et al., 2019; López-Teloxa y Monterroso-Rivas, 2024), comportamiento contrario al registrado para esta clase en la zona de estudio, puesto que se estimó una tasa de -2.5%/año. Por su parte, la clase Pastizal fue la que experimentó la mayor tasa de cambio (6.2%/año), cambio

neto (2632 ha) y la menor persistencia (35%). Lo anterior la convierte en una de las clases con la mayor dinámica de cambio, puesto que estuvo involucrada en el 45% de la superficie que experimentó algún cambio en la subcuenca de Chautengo. La extensión de las áreas de pastizal en el país ha sido fluctuante, con tasas negativas y positivas para distintas décadas (Burgos y Maass, 2004; Berlanga et al., 2010; CONAFOR, 2020; López-Teloxa y Monterroso-Rivas, 2024); sin embargo, la tendencia general es hacia el incremento en su superficie, aspectos que dan cuenta de la importancia de la clase en las dinámicas de cambio. El Suelo descubierto y las Áreas urbanas obtuvieron tasas de cambio positivas del orden de 4.5 y 2.4%/año, respectivamente. Con tasas de cambio menores, una positiva y otra negativa, están la Vegetación acuática (0.6%/año) y Cuerpo de agua (-0.1%/año).

El patrón general de las dinámicas de cambio en México (Galicia et al., 2014; CONAFOR, 2020; Godínez et al., 2022; López-Teloxa y Monterroso-Rivas, 2024) presenta pautas bien definidas que son semejantes a las obtenidas para la zona de estudio, al mostrar que la clase forestal, en este caso la SBC, es la cobertura que ha aportado 29% de la superficie total de cambio, puesto que hacia agricultura pasaron 1389 ha y hacia Pastizal 1329 ha. La agricultura es la clase que experimentó la mayor dinámica de cambio, debido a sus ganancias procedentes de la SBC y a sus pérdidas (3202 ha), que pasaron principalmente a la clase Pastizal, lo cual corresponde al 31% del cambio total en la subcuenca de Chautengo.

La SBC perdió 5% de su superficie desde el año 2015 a la fecha, además, ha presentado un aumento de la fragmentación, puesto que la conectividad promedio en el año 2015 era de 86.6% comparado con el 74.2%

para 2025. Por su parte, Baudry et al. (2003) consideran que el tamaño de los fragmentos remanentes es un buen indicador del proceso de fragmentación, de esta forma, para la subcuenca los fragmentos de mayor tamaño se extienden en la zona media y media-alta en pendientes pronunciadas, en cambio, los fragmentos más pequeños se encuentran en la vecindad de los fragmentos de mayor tamaño, principalmente hacia la parte baja de la subcuenca, en zonas planas o de menor inclinación del terreno y, en menor medida, hacia la zona alta, también en áreas con pendientes suaves. García et al. (2005) para la cuenca baja del río Papagayo en el estado de Guerrero, registra patrones semejantes de fragmentación, confirmando que las zonas de pendientes pronunciadas (montaña alta y media) fueron las áreas que presentaron menor intensidad, contrario a las zonas de lomerío bajo y suave, en donde la fragmentación fue alta y muy alta.

Baudry et al. (2003) y Farina (2006), mencionan que un proceso de fragmentación consta de cinco etapas (Perforación, Disección, Fragmentación, Reducción y Desgaste) de menor a mayor fragmentación con límites difusos entre ellas, caracterizadas por la disminución del área de bosque, el aumento-estabilización-disminución en el número de fragmentos y la disminución de la conectividad y del área promedio de fragmentos, entre otros patrones. De esta forma, la microcuenca Rancho Manzanares muestra la mayor fragmentación, posiblemente en una etapa de Desgaste, debido al bajo porcentaje de SBC que aún está presente, al valor más bajo del tamaño promedio de fragmento y a la baja conectividad que presenta (Cuadro 2). Le siguen las microcuencas Chautengo y Santa Clara en las que destacan los valores más altos de la densidad de fragmentos que las ubican

en las etapas de Fragmentación y Reducción, puesto que en sus zonas norte aún conservan áreas de SBC fragmentada y en las partes sur pocos fragmentos y de tamaño pequeño. En un último grupo se encuentran las microcuencas Cuauhtepic, Pabellón, La Dicha, Pochotillo y Jalapa, que muestran porcentajes de conecti-

vidad superior al 70% (Cuadro 2) y que posiblemente se encuentran en alguna de las etapas de Perforación y Disección, debido a la pérdida y mayor fragmentación de la SBC en las áreas colindantes a los poblados y vías de comunicación.

Cuadro 2. Métricas espaciales en la subcuenca de Chautengo y sus microcuencas

Métrica espacial	S-Ch	Microcuenca							
		4	7	5	8	6	3	1	2
Superficie microcuenca (ha)	27052	2634	2151	1489	3704	2106	1501	11794	1669
Superficie de SBC en microcuenca (%)	32.2	65	62.8	62.5	56.5	56.7	33.8	13.4	1.5
Numero de fragmentos	1840	184	156	148	246	230	191	909	126
Tamaño promedio de fragmento (ha)	4.8	9.4	8.7	6.3	8.5	5.2	2.7	1.3	0.2
Densidad de fragmentos (número / 100 ha)	6.8	6.9	7.2	9.9	6.6	10.9	12.7	13.4	7.5
Conectividad promedio (%) (FAD)	74.2	82	78.1	77.9	77.1	70.5	65.5	55.6	23.2

S-Ch.- Subcuenca Chautengo; Microcuenca: 1.- Chautengo; 2.- Rancho Manzanares; 3.- Santa Clara; 4.- Jalapa; 5.- La Dicha; 6.- Cuauhtepic; 7.- Pochotillo; 8.- Pabellón.

Diagnóstico ecológico-Riesgo de erosión

La estimación de pérdida potencial total de suelo para la subcuenca de Chautengo fue de 16,120,600 t/año, con una pérdida promedio de 708.4 t/ha/año. Con base en la clasificación Montes-Leon et al. (2011) se observa la dominancia de dos clases en la zona, la erosión “Baja” (< 50 t/ha/año)

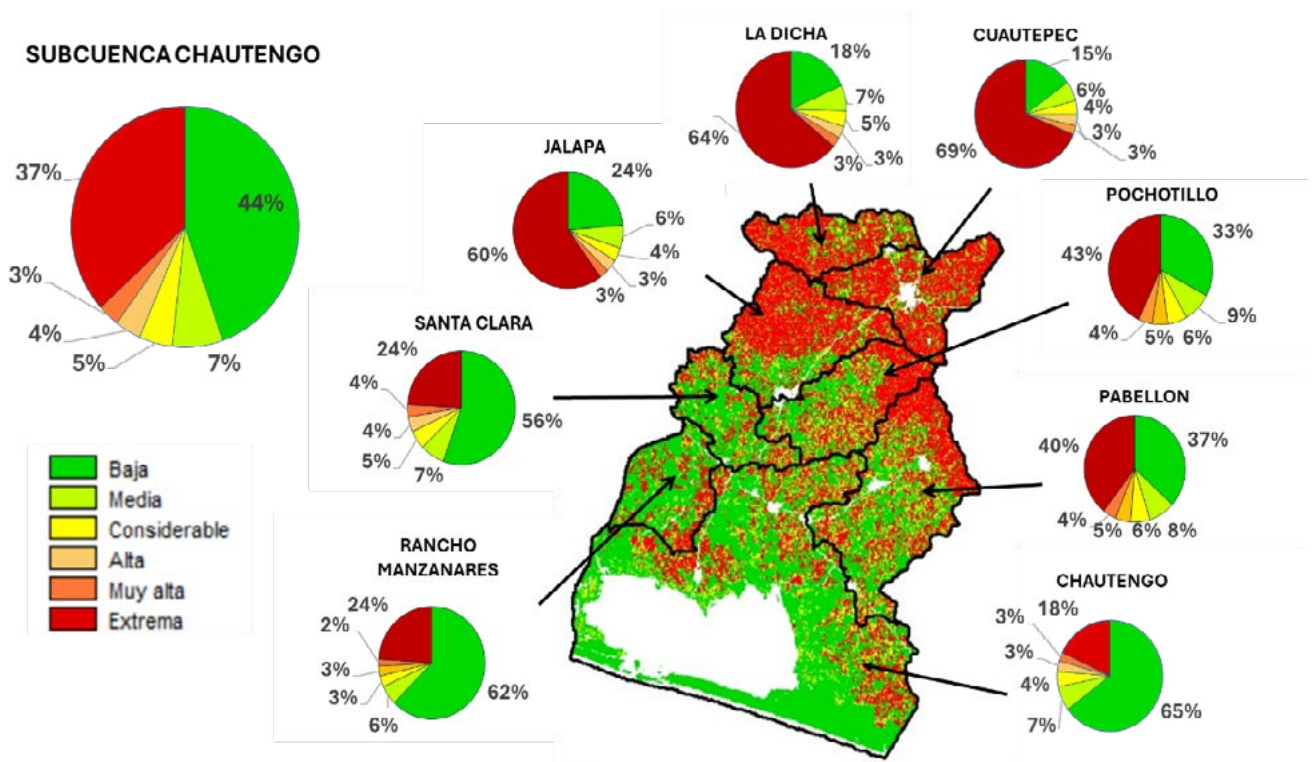
que ocupa 44% de la superficie, distribuida principalmente en las partes bajas y en pie de monte y, la clase Extrema (> 250 t/ha/año), en el 37% de la zona. Esta última clase de erosión se propicia por la coincidencia de tres factores en las partes altas de la subcuenca, uno de ellos es la precipitación que alcanza valores de 1800 mm/año, el suelo Luvisol de textura media, que tiene la característica de ser susceptible a la erosión hídrica, principalmente en pendientes pronunciadas (da Silva et al., 2024) y, la inclina-

ción del terreno, que presenta valores promedio de entre 16° y 19°, con extremas de 52°.

Las microcuencas presentan el mismo patrón en cuanto a las clases de erosión dominantes (Extrema y Baja), clases que en conjunto ocupan entre 76% y 84% de las unidades hidrográficas; sin embargo, cambian su proporción en cada una según se ubiquen en las zonas altas, medias o bajas de la subcuenca. Las microcuencas de Cuauhtepic, La Dicha y Jalapa presentaron una pérdida potencial de suelo superior a 1300 t/ha/año, en las que la clase Extrema ocupa una superficie mayor al 60% en cada

una de ella. En el lado opuesto se encuentran las microcuencas Chautengo, Santa Clara y Rancho Manzanares con pérdidas potenciales promedio de 180, 205 y 325 t/ha/año, respectivamente, en las que la clase de erosión “Baja” es dominante, con la característica que se ubican en la parte baja y plana de la zona. El grupo ubicado en las partes medias corresponde a las microcuencas Pochotillo y Pabellón, que presentan pérdidas promedio de 846 y 739 t/ha/año, respectivamente y, en las que la clase Extrema ocupa el 43% y 40% y la clase Baja el 33% y 37% de su superficie, respectivamente (Figura 3).

Figura 3. Clases de erosión potencial para la subcuenca de Chautengo y sus microcuencas



Diagnóstico ecológico- Composición y estructura de la avifauna

En el muestreo de la avifauna, se registraron 76 especies en total para toda la subcuenca de Chautengo (Ver anexo), pertenecientes a 61 géneros, 29 familias y 15 órdenes, lo que significa el 26% de todas las especies (292) de las lagunas costeras de Guerrero (CONABIO, 2025). Dichas especies incluyen aves acuáticas y aquellas terrestres en el área de influencia de las lagunas.

De acuerdo a Vega et al. (2010), 12 especies registradas en este estudio son consideradas como habitantes regulares en la selva: *Ortalis poliocephala*, *Morococcyx erythropygus*, *Cynanthus latirostris*, *Amazilia rutila*, *Trogon citreolus*, *Momotus mexicanus*, *Melanerpes chry-*

sogenys, *Eupsittula canicularis*, *Cyanocorax formosus*, *Pheugopedius felix*, *Turdus rufopalliatus*, *Cassiculus melanicterus*, *Icterus pustulatus*, *Piranga rubra*, *Passerina leclancherii*. Cabe destacar que *M. erythropygus* sólo se registró en la microcuenca de Rancho Manzanares, pero no en alguna de las siete microcuencas consideradas.

Las tres microcuencas con un mayor número de especies son Jalapa con 28 especies (36.8%), y Santa Clara y Chautengo con 27 especies (35.5%) cada una; esta última reúne la mayoría de las aves acuáticas registradas (11), pertenecientes a los órdenes Gruiformes, Charadriiformes, Suliformes y Pelecaniformes. La microcuenca con el menor número de especies es El Pabellón con 19 especies (25%). De manera similar, estas tres microcuencas ostentan las mayores abundancias registradas (149, 132 y 120 respectivamente) y, de igual manera, El Pabellón con las menores abundancias (77 registros) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Información de las especies de aves de las microcuencas muestreadas

Microcuenca	Riqueza	Abundancia	Exclusivas	Interés	SBC* (%)
Jalapa	28	149	6	9	65.0
Pochotillo	25	81	5	3	62.8
La Dicha	25	70	5	10	62.5
Cuautepec	25	64	1	8	56.7
Santa Clara	27	120	4	8	33.8
Pabellón	19	77	3	4	56.5
Chautengo	27	132	15	3	13.4
Manzanares	-	-	-	-	-

Rancho Manzanares no se muestreo por problemas logísticos.

*SBC: Selva Baja Caducifolia.

Dos especies de hábitos gregarios destacan por sus abundancias, el Ibis Ojos Rojos (*Plegadis chihi*) en Jalapa y el Zopilote Negro (*Coragyps atratus*) en Chautengo, con 63 y 41 registros respectivamente. Sólo se registró una especie exótica (*Passer domesticus*) con un registro en Cuauhtepic, la que es la segunda microcuenca con mayor superficie de asentamientos humanos (129.7 ha).

Desde el punto de vista de la distribución de las aves en la región, 40 especies (52.6%) se registraron en una única microcuenca, el resto se encontraron entre dos y seis microcuencas (Anexo X). De estas últimas, destacan la Tortolita Cola Larga (*Columbina inca*) y el Carpintero Enmascarado (*Melanerpes chrysogenys*) cuya presencia en todas las microcuencas sugiere que son especies hábitat generalistas; resulta interesante que esta última especie sea endémica de las selvas secas del Pacífico mexicano. En el caso de Chautengo, el mayor número de especies únicas (15), es debido a la presencia de 11 especies acuáticas lo que, al restarlas, la dejaría con una riqueza de 16 especies y una abundancia de 112 registros.

Por el número de especies de interés (estatus de riesgo y endemismo), la microcuenca de La Dicha ostenta 10 especies, mientras que le siguen Jalapa (9), Santa Clara (8) y Cuauhtepic (8); el resto oscila entre 3 y 4 especies de interés. Cabe mencionar que dos especies endémicas de las selvas secas del Pacífico mexicano, *Trogon citreolus* y *Passerina leclancherii*, estuvieron presentes en las tres microcuencas con más del 60% de superficie con selva baja caducifolia, Jalapa, La Dicha y Pochotillo.

La tendencia general de la presencia de las aves sugiere que las microcuencas con mayor cobertura vegetal con selva baja caducifolia como hábitat original sostiene un mayor número de especies propias de la selva y de aquellas de interés para la conservación.

Diagnóstico colaborativo-Transformación de las relaciones tradicionales

Las raíces de los problemas ambientales actuales se remontan desde los antiguos habitantes indígenas del paisaje, los cuales llegaron al lugar huyendo del colonialismo español, asentándose en esas tierras, aisladas en aquel tiempo (Moreno-Tabarez et al., 2024). Estos pueblos gradualmente establecieron sistemas productivos ancestrales, con una autonomía local y manteniendo una estructura de relaciones, que ha sido definida como de “intercambio comunitario” (Fiske, 1992), caracterizada por patrones relacionales horizontales, lazos estrechos y de equivalencia. Esta estructura relacional empezó a modificarse con el establecimiento de las haciendas a partir del siglo XVII (Mörner, 1973), conformando un sistema híbrido colonial que entrelazó el modelo de hacienda con las estructuras de poder indígena (Lockhart, 1969), pero también dando inicio a interacciones culturales entre los africanos esclavizados y los grupos indígenas para conformar comunidades afroindígenas (Cope, 1994). Este cambio mermó la autonomía de las comunidades a través de lazos puente¹¹ entre ellas y las haciendas, no obstan-

¹¹ Se retoma aquí la distinción realizada por Woolcock (1998) entre lazos de enlace, para referirse a las relaciones estrechas entre personas que comparten antecedentes similares y son integrantes un mismo grupo y los lazos puente que se refieren a relaciones entre grupos y, por lo mismo, conectan a personas de diversos orígenes, las cuales interactúan con poca frecuencia.

te, conservaron cierta independencia y fueron capaces de desarrollar sistemas de subsistencia incorporando y fusionando conocimientos y prácticas africanas e indígenas (Lewis, 2012). Posteriormente, el movimiento revolucionario en México trastocó los lazos puente del sistema de haciendas, al independizarlos de estas, así como los lazos de enlace comunitario al comenzar con el reparto de tierras y con políticas agrícolas que impulsaron monocultivos y variedades de mayor rendimiento (Gonzales, 2002). Más recientemente, el advenimiento de la revolución verde enfatizó un mayor rendimiento productivo, mermando aún más los lazos comunitarios y desplazando prácticas milenarias de respeto ecológico (Navarrete, 2016). Actualmente, el capitalismo neoliberal promueve lazos puente que disminuyen las autonomías comunitarias, a la vez que debilita los lazos de enlace comunitarios internos al fragmentar tierras y al fomentar prácticas productivas individuales.

Diagnóstico colaborativo- Condiciones actuales de las relaciones colaborativas en el paisaje

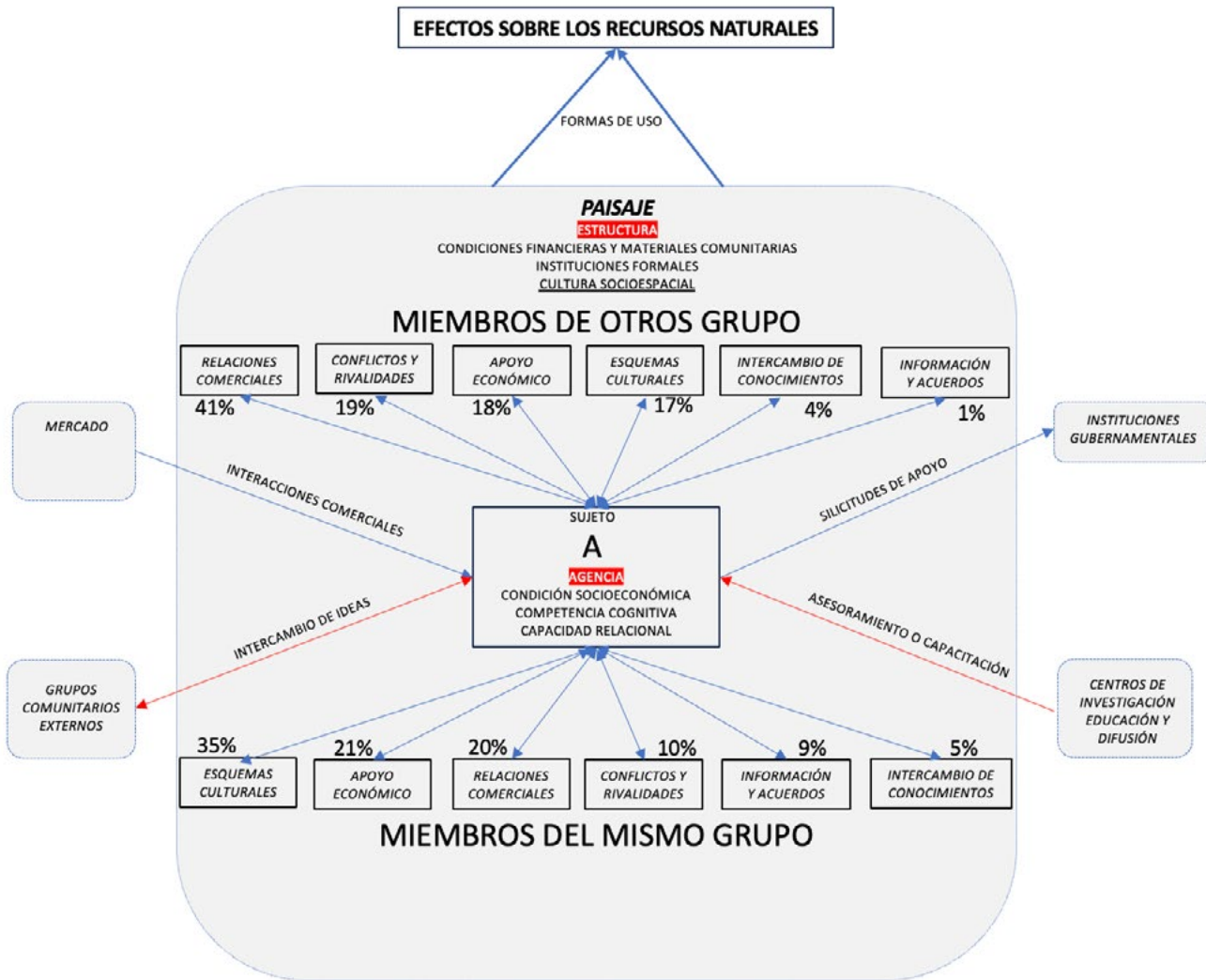
La propiedad estructural de mayor incidencia en la agencia colaborativa en el paisaje estudiado es la cultura socioespacial dado que las condiciones financieras y materiales comunitarias, así como las instituciones formales, son limitadas en el lugar. A otra escala, en la agencia individual colaborativa incide la condición socioeconómica del sujeto, así como su competencia cognitiva, su capacidad relacional (Zhou et al., 2025), así como por las interacciones que tienen los habitan-

tes al interior de los grupos a los que pertenecen¹² y por las interacciones que se establecen entre grupos. De esta forma, la agencia colaborativa está condicionada aquí por la interdependencia de los rasgos individuales de los habitantes, con su entorno cultural socioespacial, por el tamaño del grupo al que pertenecen y por las interacciones que se mantienen entre los diferentes grupos existentes (Huggins y Thompson, 2023).

El análisis con base en el programa MAXQDA diferenció el contenido de las interacciones que los usuarios de recursos realizan en 6 clases (Figura 4). Las limitaciones de un trabajo como este, radican en que el contenido de las interacciones sociales es dinámico y se ajusta continuamente de acuerdo a las situaciones de vida (Huggins y Thompson, 2021), además, se trata de un contenido detectado desde la perspectiva de los entrevistados, los cuales no están exentos de sesgos. Sin embargo, este análisis brinda una idea del potencial de interacciones sociales para conservar o para transformar realidades socioespaciales. En el marco de este análisis, se diferenciaron las interacciones de los habitantes en tres niveles: al interno de los grupos a los que pertenecen, con otros grupos regionales y con agentes externos al paisaje.

¹² En el paisaje estudiado, impera el sistema comunitario de gobierno por usos y costumbres (Gaussens, 2019) de tal manera que los grupos se organizan en espacios políticos y alrededor de comisarios ejidales, reconocidos socialmente y renovados periódicamente, aunque también hay otras ocasiones en que los grupos se organizan por asociaciones de carácter productivo.

Figura 4. Interacciones que los usuarios de recursos naturales realizan en la subcuenca de Chautengo



Al interno de sus grupos, los usuarios de recursos muestran una gran versatilidad, con una alta densidad relacional que ejercen con familiares, vecinos o con compañeros de asociaciones. A este nivel del grupo, el grueso de las interacciones se centra en esquemas culturales (35%), mediante los que se conservan hábitos cotidianos. Tam-

bién son frecuentes las interacciones para solicitar apoyos económicos (21%) con los que se ayudan mutuamente. Por otra parte, las interacciones sobre información y acuerdos (9%) y sobre intercambios de conocimientos (5%) son escasas. En conjunto, estas interacciones conforman más estrategias de subsistencia y no brindan

amplias oportunidades para el cambio, en particular, las oportunidades de crecer en los conocimientos sobre sus recursos naturales son limitadas.

Las interacciones de los usuarios con miembros de otros grupos también muestran una alta densidad relacional. Los grupos se conforman por su ubicación en el paisaje, por ejemplo, en las microcuencas de la parte alta de la subcuenca están los pobladores geográficamente más aislados, dedicados principalmente a la agricultura y ganadería. En la parte media de la subcuenca hay una mayor densidad de comunidades, habitadas por campesinos, que combinan su actividad con el comercio al aprovechar la mayor comunicación que les brinda la carretera principal de la región que pasa por ahí. En la parte baja de la subcuenca se ubican los campesino-pescadores, los cuales tienen un mayor contacto con los sistemas acuáticos del lugar. Las interacciones a este nivel son principalmente económicas (45%) y la falta de actividades organizativas se refleja en las reducidas interacciones que tienen para intercambiar conocimientos (4%) y en las actividades relacionadas con la información y acuerdos (1%). Las interacciones sociales entre estos grupos cumplen el importante papel de mantener la dinámica comercial local, pero carecen de relaciones que les permitan implementar proyectos colectivos y una gestión consensuada.

Las interacciones de los habitantes con agentes o instancias externas son limitadas, principalmente son conformadas por solicitudes de apoyo a instituciones gubernamentales y a relaciones comerciales para ajustarse a las demandas del mercado. Los intercambios de ideas y el asesoramiento con grupos comunitarios externos y con instituciones educativas o de investigación son limitados. Algunos pobladores mantienen vínculos territoriales externos debido a familiares que trabajan en el extranjero y a las remesas. También se reconocen pobladores privi-

legiados, que interactúan con comerciantes externos, miembros de asociaciones clericales, gremios de productores, representantes de asociaciones, con el ejército y, más recientemente, con organizaciones delictivas (Padua y Vanneph, 1986). Pero los entrevistados señalaron que no se sienten reflejados en esas interacciones privilegiadas porque consideran que buscan intereses privados. Este sentir se justifica si se toma en cuenta que en el lugar existen herencias de mediación política predominantes por decenas de años, las que fueron utilizadas por el Estado Mexicano para expandir su control (Salovesh, 1978) y que ha mantenido interacciones de oportunismo que tienen un papel más de conservación que de transformación, pues buscan el mantenimiento de estructuras de poder local a través de la persistencia institucional y cultural.

Diagnóstico colaborativo- Patrones de colaboración y sus efectos socioecológicos

Los pobladores del paisaje ejercen una agencia colaborativa orientada a apoyar sus estrategias de subsistencia y a mantener sus dinámicas de economía local, pero tienen limitadas interacciones internas que los fortalezca en el sentido de mejorar sus respuestas a las condiciones ecológicas y a su bienestar comunitario. También tienen limitados vínculos translocales o transfronterizos que les posibilite intercambiar ideas, conocimientos, prácticas, materiales y recursos (Yu et al., 2024), o bien, que les permita retroalimentar sus mecanismos para interactuar con su entorno, establecer lazos comerciales o para expandir sus relaciones institucionales (Zhou et al., 2025). De esta forma, la red de interacciones detectada

es compleja, circunscrita a las formas predominantes de la cultura local, fraccionada y con una operación funcional de usuarios desvinculados unos de otros, lo que da pie a múltiples actividades territoriales poco o nada complementarias. También, los agentes de mayor capacidad relacional representan intereses particulares o sectoriales, con reducidas o nulas probabilidades de impactar en el potencial para la creación de nuevas trayectorias de mejora regional.

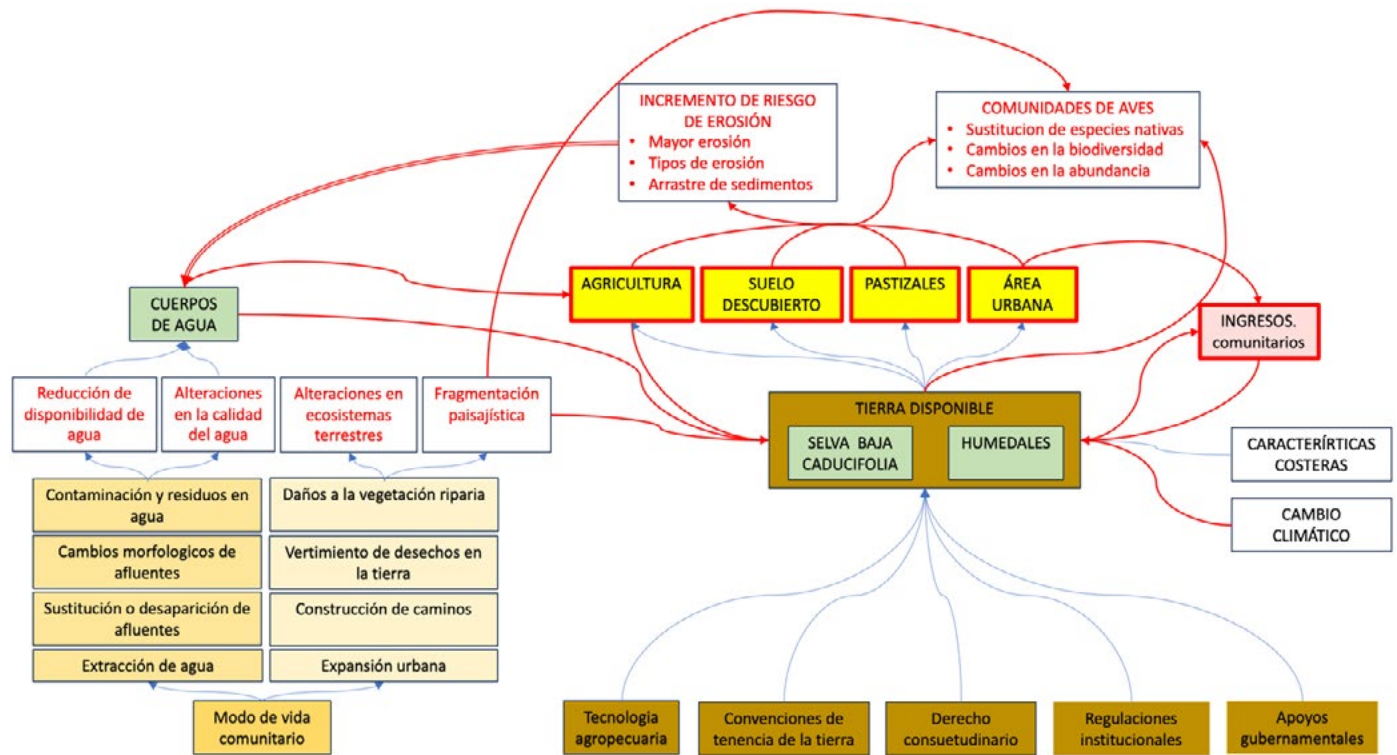
En forma específica, las entrevistas indicaron que los esquemas base difundidos y mantenidos mediante lazos de enlace y que moldean la agencia relacionada con el uso del suelo de los pobladores, son aquellos que tienen sobre las convenciones de tenencia de la tierra, las exigencias del derecho consuetudinario y la tecnología agropecuaria. Dichos esquemas son afectados por las regulaciones institucionales y por los apoyos gubernamentales y todo, en conjunto, define en gran parte la forma en que se usan las tierras disponibles para los distintos pobladores. Las tierras que han sido más modificadas son las que ocuparon la selva baja caducifolia y los humedales, incluyendo a los manglares en ellos. Estos esquemas están directamente relacionados con la producción y con el aprovechamiento, por ello definen las formas en que los pobladores actúan sobre los sistemas productivos agrícolas y pecuarios, así como el aprovechamiento de madera, caza y otros recursos en los manglares y las selvas, así como la pesca en los sistemas acuáticos.

Otros esquemas no productivos, pero que también afectan los usos del suelo, son los esquemas del modo de vida comunitario, los cuales pertenecen a la cultura local y son conformados por costumbres añejas, creencias y supuestos mentales que se mantienen y aplican al interaccionar los pobladores con su entorno natural. Son esquemas ciegos debido a que los habitantes no saben por qué se realizan, son aprendidos en las familias y en las

comunidades, sin discutirlos, sin inconformarse, reproduciéndose de manera mecánica debido a que ahorran algunos tiempos de tareas concretas, tales como: el manejo de la basura, el transporte local o el uso del agua para fines domésticos o productivos. En los sistemas terrestres, estos esquemas llegan a incidir en daños a la vegetación riparia, al vertimiento de desechos al aire libre y a la construcción indiscriminada de caminos y veredas. En los cuerpos y cauces fluviales naturales de agua, estos esquemas inciden en el vertimiento de contaminantes y residuos químicos de origen agropecuario, en cambios morfológicos de los afluentes, en la sustitución o desaparición de lechos de ríos naturales y en el establecimiento indiscriminado de pozos de extracción de agua (Figura 5).

Tanto los esquemas productivos como los de los modos de vida comunitarios explican en gran parte el comportamiento de los usuarios que está dañando a los sistemas naturales, sobre todo a la selva caducifolia, cuerpos de agua, humedales y manglares. Estos daños incrementan la erosión de suelo, disminuyen la disponibilidad de agua, alteran la calidad del agua y generan problemas de conectividad en el paisaje. Todo esto termina por afectar a los organismos, pues el estudio de las aves nos indica la conformación de comunidades con diferentes estructuras, dominadas por especies nativas con cualidades generalistas, así como por especies sinantrópicas y oportunistas que tienen un carácter más transitorio y menos resiliente. Estas alteraciones ecológicas reducen la capacidad de los ecosistemas naturales para ofrecer servicios de aprovisionamiento y regulación, situación que finalmente se revierte y agrava la capacidad productiva de la tierra, generado a su vez efectos económicos que se concretan en una reducción paulatina de la productividad y de la economía en general, incluyendo a las actividades comerciales terciarias y afectando los ingresos comunitarios, cada vez con mayores dificultades para sostener la reproducción de los habitantes.

Figura 5. Interacciones de los pobladores en el paisaje y sus efectos socioecológicos



Transitar hacia una nueva gestión costera-Problemas socioecológicos y acuerdo sobre orientación de cambio

En seis reuniones colectivas con los participantes comunitarios se discutieron los problemas socioecológicos identificados, a partir de ello, se reflexionó sobre alternativas realistas para solucionarlos. En este marco participativo, se acordó trabajar en ampliar su capacidad para relacionarse entre los mismos comuneros, así como entre ellos y las partes interesadas de su entorno. Este objetivo

se enmarcó como: “ampliar la agencia comunitaria colaborativa de los habitantes” asumiendo que las interacciones estratégicas pueden resultar vitales para la creación de nuevas vías de mejoramiento en la región (Huggins y Thompson, 2023). De hecho, la mejora de las redes sociales colaborativas se ha utilizado para acceder a recursos e insumos cognitivos, tecnológicos, financieros, así como para crear vías de mejoramiento regional (Sotarauta y Grillitsch, 2023). Bajo este objetivo, los comuneros consideraron trabajar en una propuesta que tienda a la solución de los problemas detectados en los tres niveles relacionales diferenciados en el diagnóstico: intragrupal, intergrupala y entre los grupos comunitarios y su entorno.

Nivel intragrupal: se encontró una red de relaciones densa, con un gran número de vínculos y con una fuerte cohesión, pero con baja interacción formativa que no abona en una mejor organización y con una limitada aportación al conocimiento de sus recursos naturales. En las reuniones se acordó incrementar el contenido formativo de las relaciones al interno de los grupos de habitantes y se proyectó trabajar en una estructura de colaboración comunitaria, sustentada en una mayor equidad entre los miembros al interno de sus grupos y centrándose en fomentar relaciones sinérgicas de beneficio mutuo mediante el intercambio de conocimientos y recursos (Yu et al., 2024).

Relaciones intergrupales: el problema encontrado es el fraccionamiento de intereses generado por diferencias en las condiciones geográficas, históricas y culturales de las comunidades (Moreno-Tabarez et al., 2024). En particular interesa articular a los grupos que viven en la parte alta, media y baja de la subcuenca de Chautengo, eso implica trabajar en alternativas que permitan establecer mecanismos compatibles con los incentivos que tienen los diferentes grupos con el fin de alinear sus comportamientos hacia un equilibrio (Zhou et al., 2025). Se ha propuesto trabajar en ampliar las capacidades de negociación de los grupos, desarrollar una tolerancia a la disonancia conductual, la apertura y la diversidad e influir significativamente en la creación de nuevas trayectorias paisajísticas a través del trabajo intergrupar (Huggins y Thompson, 2023).

Relaciones entre los grupos comunitarios y su entorno: la discusión se ha centrado en este punto en cómo incrementar la cantidad y calidad de lazos puente y se ha debatido sobre la importancia de identificar y clasificar a las partes interesadas (Bodin y Chen, 2023) en la gestión de los usos del suelo. Se ha reconocido que las partes interesadas tienen una importancia diferenciada, por lo

que se han realizado discusiones para delinear sus roles, tanto para conocer su nivel de influencia, como para detectar brechas y oportunidades de colaboración con ellos. También se ha visto la conveniencia de promover “organizaciones puente” (Hahn et al. 2006), que faciliten la colaboración y el aprendizaje de los habitantes ubicados en las distintas zonas del paisaje.

CONCLUSIÓN

El diagnóstico ecológico mostró que la irrupción en la funcionalidad del paisaje es resultado de los cambios en el uso del suelo, particularmente, la participación de la clase Pastizal en estos procesos, ya que fue la de mayor dinamismo al estar involucrada en un porcentaje importante de las direcciones de cambio, lo que ha revelado consecuencias negativas como la pérdida de superficie de la SBC y la Agricultura. Estas tres clases dominaron el paisaje durante el intervalo de tiempo de estudio, sin embargo, han sido los pastizales los que han aumentado su superficie. Como consecuencia de lo anterior, en la subcuenca de Chautengo se observaron distintos patrones de fragmentación, caracterizados en su parte baja por la poca presencia de fragmentos de SBC, ya en una etapa de desgaste, en contraste con la zona alta en la que se está presentando un proceso de perforación de la SBC. La zona media de la subcuenca es en la que se observan los procesos más intensos de fragmentación, principalmente en aquellas áreas colindantes con pastizales, áreas agrícolas y poblados. Para la erosión potencial se encontró que las áreas de mayor riesgo se encuentran en las partes altas de la subcuenca, en zonas con pendientes pronunciadas, precipitación abundante y perforación de la SBC. Lo anterior, junto con los cambios de uso del suelo, la fragmentación de la SBC y la modificación de la red hidrográfica ha teni-

do consecuencias en cuanto a azolves en las partes bajas y en los procesos ecológicos de la laguna de Chautengo. En lo que respecta a las aves silvestres, estas desempeñan funciones vitales en el ecosistema, ya sea en condiciones naturales o antropizadas. La modificación de su hábitat obliga a que algunas especies puedan ser observadas en esas nuevas condiciones o que otras no se puedan registrar. La transformación de la SBC ha dejado remanentes para especies dependientes de este hábitat, mientras que otras mostraron una dispersión restringida a una microcuenca en particular. Cabe destacar la presencia de especies con una tendencia hábitat generalista, aun siendo endémicas de la costa del Pacífico. En este sentido, la tendencia general de dispersión de las aves sugiere que en las microcuencas con mayor conservación de la SBC retienen mayor número de especies terrestres, incluyendo por su interés en su estatus de riesgo y endemismo. También, las aves acuáticas tienden mayormente a congregarse en la microcuenca de Chautengo por las condiciones ambientales de la laguna que les favorecen. En cuanto a la colaboración comunitaria, se encontró que está orientada a la subsistencia y se han dado los primeros pasos para construir una agencia comunitaria que posibilite a los habitantes transitar a una colaboración que les permita adaptarse a los rápidos cambios actuales que se están presentando en esta zona costera.

BIBLIOGRAFÍA

- Baudry, J., Burel, F., Ghera, C. M. y Poggio, S. L. (2003). *Landscape ecology: Concepts, methods, and applications*. Chapman and Hall/CRC.
- Berlanga Robles, C. A., García Campos, R. R., López Blanco, J. y Ruiz Luna, A. (2010). Patrones de cambio de coberturas y usos del suelo en la región costa norte de Nayarit (1973-2000). *Investigaciones Geográficas*, (72), 7-22.
- Berlanga, H., Gómez de Silva, H., Vargas-Canales, V. M., Rodríguez-Contreras, V., Sánchez-González, L. A., Ortega-Álvarez, R. y Calderón-Parra, R. (2019). *Aves de México: Lista actualizada de especies y nombres comunes*. CONABIO.
- Bibby, C. J., Burges, N. D., Hill, D. A. y Mustoe, S. (2000). *Bird census techniques*. Academic Press.
- Blázquez, L., García, J. A. y Bodoque, J. M. (2021). Stakeholder analysis: Mapping the river networks for integrated flood risk management. *Environmental Science & Policy*, 124, 506-516.
- Bocco, G., Mendoza, M. y Masera, O. R. (2001). La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán: Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas*, (44), 18-36.
- Bodin, Ö. y Chen, H. (2023). A network perspective of human–nature interactions in dynamic and fast-changing landscapes. *National Science Review*, 10(7), nwad019.
- Bodin, Ö. y Crona, B. I. (2009). The role of social networks in natural resource governance: What relational patterns make a difference? *Global Environmental Change*, 19(3), 366-374.
- Breul, M., Hulke, C. y Kalvelage, L. (2021). Path formation and reformation: Studying the variegated consequences of path creation for regional development. *Economic Geography*, 97(3), 213-234.
- Burgos, A. y Maass, J. M. (2004). Vegetation change associated with land-use in tropical dry forest areas of Western Mexico. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 104(3), 475-481.
- Cabañez, K., Sevilla, S., Uy Kirk, F. A., Tandingan, J., Amparado, R., Suson, P. y Quiaoit, H. (2024). Assessing landscape functionality of the cogonal area: Implications for the restoration and enhancement of Mt. Kitanglad, Lirongan, Talakag, Bukidnon. *Environment and Ecology Research*, 12, 270-280.
- Chesser, R. T., Billerman, S. M., Burns, K. J., Cicero, C., Dunn, J. L., Hernández-Baños, B. E., Jiménez, O., Johnson, R. A., Kratter, A. W., Mason, N. A., Rasmussen, P. C. y Remsen, J. V. (2024). *Check-list of North American Birds*. American Ornithological Society. <https://checklist.americanornithology.org/taxa/>
- Christensen, A. A. y Van Eetvelde, V. (2024). Decision making in complex land systems: Outline of a holistic theory of agency. *Landscape Ecology*, 39(3), 72.
- Chuvieco, E. (2002). *Teledetección ambiental: La observación de la Tierra desde el espacio* (p. 586). Ariel.

- Cinti, A., Ramirez, L., Castrejón, M., Aburto, J. A., Loto, L., Fulton, S., ... y Parma, A. M. (2025). Small-scale fisheries in ecologically sensitive areas in Latin America and the Caribbean: Do marine protected areas benefit fisheries governance? *Ambio*, 54(1), 20-42.
- CONAGUA. (2010). *Red hidrográfica. Escala 1:50,000. Edición 2.0*. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463127840>
- CONAGUA. (2025a). *Información de Estaciones Climatológicas – Estación 12220. Laguna de Chautengo*. Gobierno de México.
- CONAGUA. (2025b). *Información de Estaciones Climatológicas – Estación 12263. Cuautepec*. Gobierno de México.
- CONAFOR. (2020). *Estimación de la tasa de deforestación en México para el periodo 2001-2018 mediante el método de muestreo*. <https://www.gob.mx/conafor>
- CONABIO. (2020). *Cobertura del Suelo de México a 30 metros, 2015* (Ed. 1.0). <http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadata/gis/nalcmsmx15gw.xml>
- CONABIO. (2025). *AICA 24: Lagunas costeras de Guerrero. AvesMX*. <https://avesmx.conabio.gob.mx/AICA.html>
- Cope, R. D. (1994). *The limits of racial domination: Plebeian society in colonial Mexico city, 1660–1720*. University of Wisconsin Press.
- Copernicus. (2025). *The European Earth Observation Programme*.
- Cuervo-Robayo, A., Téllez-Valdés, O., Gómez-Albores, M., Venegas-Barrera, C., Manjarrez, J. y Martínez-Meyer, E. (2013). An update of high-resolution monthly climate surfaces for Mexico. *International Journal of Climatology*, 34(7), 2427–2437.
- da Silva, V. R. F., da Silva, A. H. N., Sousa, M. G., de Araújo Filho, J. C., Corrêa, M. M., Alves, G. B., ... y de Souza Júnior, V. S. (2024). Impact of climate on mineralogy and formation of Luvisols in Borborema province, northeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 149, 105197.
- Dunn, J. L. y Alderfer, J. K. (2017). *Field guide to the birds of North America* (7.^a ed.). National Geographic Society.
- Eastman, J. (2012). *IDRISI Selva: Guía para SIG y Procesamiento de Imágenes*. Clark University.
- Escandón Calderón, J., Ordóñez Díaz, J. A. B., Nieto de Pascual Pola, M. C. D. C. y Ordóñez Díaz, M. D. J. (2018). Cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo del 2000 al 2009 en Morelos, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(46), 27-53.
- FAO. (2007). *State of the World's Forests 2007*. <http://www.fao.org/docrep/009/a0773e/a0773e00.htm>
- Farina, A. (2006). *Principles and methods in landscape ecology: Toward a science of landscape*. Springer Netherlands.
- Fiske, A. P. (1992). The four elementary forms of sociality: Framework for a unified theory of social relations. *Psychological Review*, 99(4), 689-723.

- Galicia, L., Fernández, M. L. C., Ramírez, L. M. G. y Couturier, S. (2014). Detección de cambio ambiental en selvas y bosques de México con percepción remota: Un enfoque multiescalar de espacio y tiempo. *Interciencia*, 39(6), 368-374.
- García Romero, A., Mendoza Robles, K. I. y Galicia Sarmiento, L. (2005). Valoración del paisaje de la selva baja caducifolia en la cuenca baja del río Papagayo (Guerrero), México. *Investigaciones Geográficas*, (56), 77-100.
- Gaussens, P. (2019). Por usos y costumbres: Los sistemas comunitarios de gobierno en la Costa Chica de Guerrero. *Estudios Sociológicos*, 37(111), 659-687.
- George, M. A. y Santos, M. J. (2025). Effects of tree cover and crop diversity on biodiversity and food security in tropical agricultural landscapes. *Landscape Ecology*, 40(8), 156.
- Godínez Montoya, L., Pérez Sánchez, S. L. y Pérez Soto, F. (2022). Análisis de la superficie forestal en México 2003-2020. En J. EIE., M. García de Alba, R. E. y A. T. Aldape (Eds.), *La economía sectorial reconfigurando el territorio y nuevos escenarios en la dinámica urbano rural* (pp. 85-100). UNAM.
- Gonzales, M. J. (2002). *The Mexican revolution, 1910–1940*. University of New Mexico Press.
- González, G. F. y Gómez de Silva, H. (2002). Especies endémicas: Riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación. En H. Gómez de Silva y A. Oliveras de Ita (Eds.), *Conservación de aves: Experiencias en México*. CIPAMEX.
- Grillitsch, M. (2019). Following or breaking regional development paths: On the role and capability of the innovative entrepreneur. *Regional Studies*, 53(5), 681-691.
- Grillitsch, M. y Sotarauta, M. (2020). Trinity of change agency, regional development paths and opportunity spaces. *Progress in Human Geography*, 44(4), 704-723.
- Halfpter, G. y Moreno, C. E. (2005). Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma. En G. Halfpter, J. Soberón, P. Koleff y A. Melic (Eds.), *Sobre diversidad biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gamma* (Vol. 4, pp. 5-18). SEA, CONABIO, Grupo Diversitas & Conacyt.
- Hernández-Guzmán, R., Ruiz-Luna, A. y González, C. (2019). Assessing and modeling the impact of land use and changes in land cover related to carbon storage in a western basin in Mexico. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 13, 318-327.
- Hernández-Pérez, E., García-Franco, J. G., Vázquez, G. y Cantellano de Rosas, E. (2022). Cambio de uso de suelo y fragmentación del paisaje en el centro de Veracruz, México (1989-2015). *Madera y Bosques*, 28(1).
- Hou, N., Zeng, Q., Wang, W., Zheng, Y., Sardans, J., Xue, K., ... y Peñuelas, J. (2024). Soil carbon pools and microbial network stability depletion associated with wetland conversion into aquaculture ponds in Southeast China. *Science of The Total Environment*, 954, 176492.
- Huggins, R. y Thompson, P. (2023). *A behavioural theory of economic development: The uneven evolution of cities and regions*. Oxford University Press.
- INEGI. (1999). *Modelos Digitales de Elevación. Cruz Grande. E14C69. Esc. 1:50,000*. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825733957>

- INEGI. (2002). *Modelos Digitales de Elevación. Copala. E14D61. Esc. 1:50,000*. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825734404>
- INEGI. (2024). *Conjunto Nacional de Información Edafológica, escala 1:250 000 Serie III*. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=794551131916>
- IUCN. (2025). *The IUCN Red List of Threatened Species* (Versión 2025-1). <https://www.iucnredlist.org>
- Juárez-Fragoso, M. A., Perroni-Ventura, Y., Dáttilo, W., Gómez-Díaz, J. A., Hernández Gómez, I. U. y Guevara, R. (2023). Identificando zonas potenciales para la conservación florística en el municipio de Tlalixcoyan, Veracruz, a partir de descriptores de paisaje y conectividad. *Madera y Bosques*, 29(2). <https://doi.org/10.21829/myb.2023.2922507>
- Kallio, H., Pietilä, A. M., Johnson, M. y Kangasniemi, M. (2016). Systematic methodological review: Developing a framework for a qualitative semi-structured interview guide. *Journal of Advanced Nursing*, 72(12), 2954-2965.
- Lauber, T. B., Stedman, R. C., Decker, D. J., Knuth, B. A. y Simon, C. N. (2011). Social network dynamics in collaborative conservation. *Human Dimensions of Wildlife*, 16(4), 259-272.
- Lewis, L. A. (2012). *Chocolate and corn flour: History, race, and place in the making of "Black" Mexico*. Duke University Press.
- Lockhart, J. (1969). Encomienda and hacienda: The evolution of the great estate in the Spanish Indies. *Hispanic American Historical Review*, 49(3), 411-429.
- López-Teloxa, L. C. y Monterroso-Rivas, A. I. (2024). Intensidad en los cambios de uso de suelo en México (2001-2018). *Investigaciones Geográficas*, (115).
- Margerum, R. D. y Robinson, C. J. (2015). Collaborative partnerships and the challenges for sustainable water management. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 12, 53-58.
- McGarigal, K. y Ene, E. (2023). *FRAGSTATS 4.2: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps*.
- Meyfroidt, P., Chowdhury, R. R., de Bremond, A., Ellis, E. C., Erb, K. H., Filatova, T., ... y Verburg, P. H. (2018). Middle-range theories of land system change. *Global Environmental Change*, 53, 52-67.
- Montes-León, M. A. L., Uribe-Alcántara, E. M. y García-Celis, E. (2011). Mapa nacional de erosión potencial. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 2(1), 5-17.
- Moreno-Tabarez, U., Cabrera-Tena, U. W. y López-Ojeda, M. C. (2024). Afro-Indigenous harvests: Cultivating participatory agroecologies in Guerrero, Mexico. *Elementa: Science of the Anthropocene*, 12(1).
- Mörner, M. (1973). The Spanish American hacienda: A survey of recent research and debate. *Hispanic American Historical Review*, 53(2), 183-216.
- Navarrete, F. (2016). *México racista: Una denuncia*. Penguin Random House Grupo Editorial.
- Padua, J. y Vanneph, A. (1986). Poder local, poder regional: Perspectivas socioantropológicas. En *Poder local, poder regional* (pp. 27-56). El Colegio de México.
- Pratzer, M., Maillard, O., Baldi, G., Baumann, M., Burton, J., Fernandez, P., ... y Kuemmerle, T. (2025). Considering land use complexity and overlap is critical for sustainability planning. *One Earth*, 8(5).

- Ralph, C. J., Geupel, G. R., Pyle, P., Martin, T. E. y DeSante, D. F. (1993). *Handbook of field methods for monitoring landbirds*. U.S. Department of Agriculture.
- Ramírez, M., Clarke, I. y Klerkx, L. (2018). Analysing intermediary organisations and their influence on upgrading in emerging agricultural clusters. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 50(6), 1314-1335.
- Salovesh, M. (1978). When brokers go broke: Implications of role failure in cultural brokerage. *Perspectives on Ethnicity*, 351-371.
- Schaal-Lagodzinski, T., König, B., Riechers, M., Heitepriem, N. y Leventon, J. (2024). Exploring cultural landscape narratives to understand challenges for collaboration and their implications for governance. *Ecosystems and People*, 20(1), 2320886.
- Şekercioğlu, Ç. H. y Buechley, E. R. (2016). Avian ecological functions and ecosystem services in the tropics. En Ç. H. Şekercioğlu, D. G. Wenny y C. J. Whelan (Eds.), *Why birds matter* (pp. 322–340). University of Chicago Press.
- SEMARNAT. (2008). Cambios de uso del suelo. En *Informe sobre la Situación del Medio Ambiente en México*. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_2008/02_ecosistemas/cap2_2.html
- SEMARNAT. (2010). *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010: Protección Ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres*. Diario Oficial de la Federación.
- Trejo, I. y Dirzo, R. (2000). Deforestation of seasonally dry tropical forest: A national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation*, 94(2), 133-142.
- Van Eetvelde, V., Christensen, A. A. y Hersperger, A. M. (2024). Social theory and landscape ecology: Understanding human agency in the context of landscapes. *Landscape Ecology*, 39(4), 82.
- Vega Rivera, J. H., Arismendi, M. C. y Morales Pérez, L. (2010). Aves. En G. Ceballos, L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. Bezaury Creel y R. Dirzo (Eds.), *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*. FCE / CONABIO.
- Vogt, P. (2025). *GTB 3.3. Free and open-source software*. European Commission, Joint Research Centre.
- Walston, L. J. y Hartmann, H. M. (2018). Development of a landscape integrity model framework to support regional conservation planning. *PLOS ONE*, 13(4), e0195115.
- Woolcock, M. (1998). Social capital and economic development: Toward a theoretical synthesis and policy framework. *Theory and Society*, 27(2), 151-208.
- Yu, S. T., Wang, P., Kabudula, C. W., Gareta, D., Harling, G. y Houle, B. (2024). Local network interaction as a mechanism for wealth inequality. *Nature Communications*, 15(1), 5322.
- Zhou, C., Richardson-Barlow, C., Fan, L., Cai, H., Zhang, W. y Zhang, Z. (2025). Towards organic collaborative governance for a more sustainable environment: Evolutionary game analysis within the policy implementation of China's net-zero emissions goals. *Journal of Environmental Management*, 373, 123765.

Fisiología del estrés y alostasis: mecanismos adaptativos en la resiliencia animal

Daniel Mota Rojas¹, Adriana Domínguez Oliva²,
Fabiola Torres³, Brenda Reyes⁴, Jennifer Rios⁵,
Agustín Orihuela⁶, Ana C. Strappini⁷, Jhon Buenhombre⁸,
Ismael Hernández Avalos⁹, Marcelo Ghezzi¹⁰

¹ Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, México. ORCID: 0000-0003-0562-0367.

² Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, México. ORCID: 0000-0003-1584-0654.

³ Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, México. ORCID: 0000-0003-4697-4823.

⁴ Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, México. ORCID: 0000-0003-0608-2863.

⁵ Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, México.

⁶ Comportamiento y bienestar animal, Investigador Emérito. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, México. ORCID: 0000-0003-1226-7717.

⁷ Department Animal Health & Welfare, Wageningen Livestock Research, Wageningen University & Research, Países Bajos. ORCID: 0009-0004-9083-8997.

⁸ Especialización en Bienestar Animal y Etología, Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Bogotá, Colombia. ORCID: 0000-0002-7793-742X.

⁹ Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM. ORCID: 000-0003-4271-2906.

¹⁰ Comportamiento y Bienestar Anima, Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA), University Campus, Tandil, Argentina. ORCID: 0000-0003-2519-9522.

* Autor de contacto. Correo electrónico: dmota@correo.xoc.uam.mx

Resumen. El estrés es una reacción normal de un animal a cualquier cambio concebido como amenazante, ya sea de tipo ambiental, fisiológico, nutricional o social, incluyendo aquellos relacionados con el manejo o la interacción humana. La naturaleza y duración del estrés (p. ej., agudo o crónico) dictan el efecto que éste tiene en los animales. De esta forma, los organismos deben tener la capacidad de reaccionar con mecanismos de retroalimentación con la finalidad de alcanzar la homeostasis y evitar la carga alostática, lo que puede afectar la salud animal a largo plazo. No obstante, dentro del estrés se reconocen los términos de *distrés* y *eutrés*, el primero con una connotación negativa o aversiva y el segundo que se refiere a un “estrés positivo” que resulta en habituación y animales más resilientes a su entorno. El estrés desempeña un papel crucial en la modulación de las respuestas anatómicas, fisiológicas y cognitivas en los animales domésticos y silvestres. Este artículo explora cómo el estrés, el *eutrés* y la alostasis actúan como mecanismos adaptativos frente a los desafíos ambientales, considerando sus efectos y los factores que los desencadenan. Se abordan las implicancias de estos procesos en la interacción humano-animal y en la capacidad de adaptación de distintas especies.

Palabras clave: Estrés; Eutrés; Alostasis; Adaptación; Resiliencia.

Abstract. Stress is a normal animal reaction to any change perceived as threatening, whether environmental, physiological, nutritional, or social, including those related to handling or human interaction. The nature and duration of stress (e.g., acute or chronic) dictate its effect on animals. Thus, organisms must be able to react with feedback mechanisms to achieve homeostasis and avoid allostatic load, which can affect long-term animal health. However, within stress, the terms *distress* and *eustress* are recognized, the former with a negative or aversive connotation and the latter referring to “positive stress” that results in habituation and animals becoming more resilient to

their environment. Stress plays a crucial role in modulating anatomical, physiological, and cognitive responses in domestic and wild animals. This review explores how stress, eustress, and allostasis act as adaptive mechanisms in the face of environmental challenges, considering their effects and the factors that trigger them. The implications of these processes for human-animal interactions and the adaptive capacity of different species are addressed.

Keywords: *Stress; Eustress; Allostasis; Habituation; Resilience.*

INTRODUCCIÓN

El estrés es “la respuesta psicológica y/o física no específica del organismo ante un estímulo o estresor” (Moberg, 2000; Gaidica et al., 2020). El principal propósito del estrés es desplegar una serie de respuestas fisiológicas para hacer frente a los desafíos a través de la activación de sistemas y ejes como el sistema límbico, el eje simpático-adrenal-medular (SAM), el sistema renina-angiotensina (RAA) y el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal (HHA) (Horváth et al., 2007; Mariotti, 2015; Zafar et al., 2021). Generalmente, el estrés se asocia a alteraciones que, de manera crónica, alteran los procesos fisiológicos –incluidos los metabólicos y neuroendocrinos– así como los conductuales, además de suprimir las respuestas inmunológicas, disminuyendo la calidad de vida de los animales. Este proceso se denomina “distrés”, un estado en el cual la respuesta a un estresor se convierte en maladaptativa con efectos negativos al organismo (Bienertova-Vasku et al., 2020). Sin embargo, el estrés no siempre tiene efectos negativos; en ocasiones cuan-

do se percibe como algo positivo denominado “eustrés”, puede inducir modificaciones anatómicas y fisiológicas (Bienertova-Vasku et al., 2020; Chu et al., 2024), así como cambios conductuales, inmunológicos, cognitivos, afectivos y en el microbioma (Špinková y Wemelsfelder, 2018; Colditz, 2022), que en conjunto fortalecen las habilidades y competencias necesarias para que los animales se adapten y enfrenten las fluctuaciones cotidianas de su entorno.

Los efectos que el estrés genera en los animales dependen de la duración, intensidad y percepción (controlabilidad, predictibilidad, etc.) del estresor (Koolhaas et al., 2011; Boissy et al., 2007). Por ejemplo, el estrés agudo se caracteriza por la activación inmediata y transitoria de los ejes SAM y HHA, promoviendo una correcta habituación y preparación del organismo para enfrentar una amenaza (Rohleder, 2019; Uchiyama et al., 2022; Mota-Rojas et al., 2024a; Shi et al., 2024). Por el contrario, el estrés crónico se caracteriza por una exposición sostenida o repetida a los estresores, y se asocia con la desregulación prolongada del eje HHA, acompañada de la liberación continua de glucocorticoides (Varun et al., 2021). Este proceso conlleva alteraciones inmunológicas (Martínez et al., 2024), así como disfunciones de carácter conductual, metabólico, neuroendocrino (Kuti et al., 2022) y de la microbiota (Chen et al., 2022).

Las consecuencias del estrés también dependen de la evaluación cognitiva que el animal hace de este. El clásico estudio de Weiss (1972) demostró que un estímulo estresante presentado de manera impredecible o con bajo grado de control generaba un mayor número de úlceras estomacales en comparación con un estímulo predecible y controlable. En este sentido, la percepción y la intensidad del estresor son determinantes en la magnitud de los efectos del estrés (Koolhaas et al., 2011).

El estrés está ligado a otros mecanismos que incluyen la alostasis y el eustrés. En primera instancia, la alostasis es “el proceso biológico por el cual el cuerpo mantiene una estabilidad a través de ajustes en los parámetros del medio interno con el fin de adaptarse” (McEwen, 2017). Este proceso dinámico permite al organismo responder eficientemente a estresores (McEwen, 2003; Kerr et al., 2020). No obstante, cuando la exposición a los estresores es crónica y las adaptaciones no son suficientes para responder al entorno, el organismo llega a un estado de desgaste acumulativo que se conoce como carga alostática (Grobman et al., 2025), disminuyendo la capacidad defensora del organismo (Fava et al., 2023). Por otra parte, el eustrés, o estrés positivo, es aquel que motiva y mejora el rendimiento de los animales frente a situaciones desafiantes, permitiéndoles anticipar y responder de manera efectiva (Colditz et al., 2024; Jurkovich et al., 2024). Esto se traduce en diversas adaptaciones morfológicas, conductuales o genéticas para incrementar la sobrevivencia de los animales (Sejian et al., 2018). Las condiciones ambientales y la interacción con los seres humanos influyen profundamente en el bienestar y la capacidad de adaptación de los animales. El objetivo de este artículo es analizar los mecanismos mediante los cuales los organismos responden a su entorno, con especial énfasis en el papel del estrés y la alostasis como procesos adaptativos. Comprender estos fenómenos permite interpretar sus efectos sobre la anatomía, la fisiología y el comportamiento animal. Este enfoque es fundamental para evaluar las estrategias adaptativas que favorecen la supervivencia y el éxito evolutivo en contextos dinámicos y cambiantes.

Definición y fisiología del estrés. Diferencias con alostasis y carga alostática

El estrés se refiere a una reacción normal de los animales ante cualquier tipo de cambio concebido como factor estresante. Los principales estresores de los animales pueden clasificarse como ambientales (fluctuaciones en la temperatura, la calidad del aire o contaminaciones por pesticidas), fisiológicos (estrés por calor, deshidratación, lesiones o hemorragias), nutricionales (modificaciones en la dieta, acidosis, hipocalcemia, baja disponibilidad de agua) o sociales (densidades inadecuadas, inestabilidad social, aislamiento) (Proudfoot y Habing, 2015), incluyendo aquellos relacionados con el manejo (transporte, procedimientos como castración, interacción con humanos (Collier et al., 2017; Ataallahi et al., 2022).

El procesamiento de la información relacionada con el estresor depende de la naturaleza del mismo. Por ejemplo, puede ser mediante señales interoceptivas como el volumen sanguíneo y la osmolaridad, o señales exteroceptivas como el olor de un depredador (Ulrich-Lai y Herman, 2009). Esta información se transmite al sistema nervioso central (SNC), incluyendo el sistema límbico, tálamo, la corteza cerebral y el hipotálamo (Collier et al., 2017; Mu et al., 2020)(Collier et al., 2017. Cuando el SNC del animal procesa el estrés, se desencadenan cuatro respuestas biológicas: la respuesta del sistema nervioso autónomo (SNA), la del sistema neuroendocrino, la del sistema inmunitario y la conductual. Un sistema determinante que maximiza el potencial de supervivencia ante el estrés es el eje HHA (Jankord y Herman, 2008). La activación de este eje

inicia en el núcleo paraventricular hipotalámico (PVN). Las neuronas del PVN producen la hormona liberadora de corticotropina (CRH) que, a su vez, transporta péptidos a la hipófisis anterior para permitir el acceso a las corticotropas. Las células son estimuladas para liberar la hormona adrenocorticotrópica (ACTH) hacia la circulación sistémica, lo que promueve la síntesis y secreción de glucocorticoides en la corteza suprarrenal como el cortisol (en perros y gatos) (Franchini et al., 2019; Van Lanen y Sande, 2014) o corticosterona en roedores (Bhatnagar et al., 2006).

Los niveles fisiológicos de cortisol coadyuvan a que los diversos parámetros permanezcan dentro de un rango apropiado para la edad, sexo, raza, estado fisiológico y función zootécnica de cada especie. Sin embargo, el entorno externo puede ocasionar perturbaciones que generan que los animales respondan o adopten una mayor o menor respuesta fisiológica frente a estresores (Maestriperi y Hoffman, 2011). Como respuesta a estas perturbaciones surge el término de *alostasis*, acuñado por Peter Sterling, el cual implica que los organismos vivos han desarrollado la capacidad de anticipar perturbaciones internas o ambientales y generar recalibraciones fisiológicas adaptativas para minimizar las desviaciones y hacer que los valores de sus parámetros fisiológicos vuelvan a un rango normal (Bobba-Alves et al., 2022). A diferencia de la homeostasis, la cual es la capacidad de un animal de reaccionar con mecanismos de retroalimentación conductual y fisiológica ante desafíos ambientales con la finalidad de mantener constantes las características internas del cuerpo (Korte et al., 2007). La *alostasis* no mantiene los parámetros fisiológicos y respuestas conductuales dentro de rangos estrechos, sino que éstos fluctúan según la demanda. Es decir, la *alostasis* significa adaptar las respuestas de un organismo al mismo nivel de la demanda que implique el estresor (Korte et al., 2007). Por ejem-

plo, si a un ratón se le limita su consumo de agua antes de dormir, se puede presentar deshidratación debido a la pérdida de líquidos. Ante esto, el SNC se anticipa y libera el neuropéptido vasopresina en las neuronas procesadoras de la sed en el órgano vasculoso de la lámina terminal (OVLT). Este órgano se encarga de monitorizar la osmolaridad sanguínea e informar sobre los déficits a los circuitos hipotalámicos que impulsan la búsqueda de agua. Por ello, el SNC se anticipa a la pérdida de agua durante el sueño y genera un impulso para que el ratón reponga líquidos y no se produzca la deshidratación (Schulkin y Sterling, 2019).

No obstante, como lo mencionan McEwen y Stellar (1993), la activación crónica de los sistemas *alostáticos* conduce a recalibraciones desadaptativas que terminan “desgastando” los sistemas orgánicos del organismo. Este fenómeno se denomina *carga alostática*. Para realizar una medición de la *carga alostática* se pueden utilizar índices de *carga alostática* (ALI), los cuales cuantifican biomarcadores que están asociados a la disfunción de diferentes sistemas somáticos como el cardiovascular, metabólico, neuroendocrino o inmunitario. El ALI suele determinarse mediante el método del cuartil, en el cual la distribución de cada biomarcador se divide en cuartiles y el primero se designa como de alto riesgo. Las puntuaciones de *carga alostática* se miden contando el número de biomarcadores que un individuo tiene dentro del cuartil de alto riesgo (Seeley et al., 2021). Por consiguiente, es importante considerar que la base de ALI es la evaluación conjunta de distintos biomarcadores ya que, cuando los estresores repetidos o continuos sobrecargan a un animal, se produce un desgaste en múltiples sistemas, lo que predispone a los individuos a una desregulación fisiológica y al declive en la salud (Seeley et al., 2022). Esto fue reportado por Edes et al., (2020) en gorilas de tierras bajas occidentales alojados en tres diferentes zoológicos.

Los autores incluyeron animales clínicamente sanos y a aquellos con enfermedades crónicas como osteoartritis, hipotiroidismo, neoplasias, obesidad, aterosclerosis e insuficiencia cardíaca congestiva. El ALI empleado consideró puntuaciones en una escala del 0 al 9, y nueve biomarcadores, incluyendo albúmina, cortisol, CRH, sulfato de deshidroepiandrosterona, evaluación del modelo homeostático de resistencia a la insulina, interleucina-6, factor de necrosis tumoral- α (TNF- α), colesterol total y triglicéridos. Los resultados mostraron que la carga alostática fue mayor en gorilas con al menos una condición crónica y se asoció con un 38% mayor probabilidad de morbilidad. Así mismo, un ALI elevado fue un predictor consistente de mortalidad, ya que un aumento de 1 unidad de la carga alostática se relacionó directamente con un incremento del 23 al 45% en la probabilidad de mortalidad de los gorilas (Edes et al., 2020). Por ende, comprender las manifestaciones de la carga alostática y la sobrecarga en múltiples niveles de complejidad biológica (orgánico, celular, subcelular) tiene el potencial de ayudar a esclarecer por qué la carga alostática puede resultar dañina (Bobba-Alves et al., 2022). La Figura 1 esquematiza y resume los términos asociados al estrés (McEwen, 1998; Thompson, 2001; Kennedy y Parker, 2018; Pavithra y Sivakumar, 2021).

Estrés agudo vs. estrés crónico

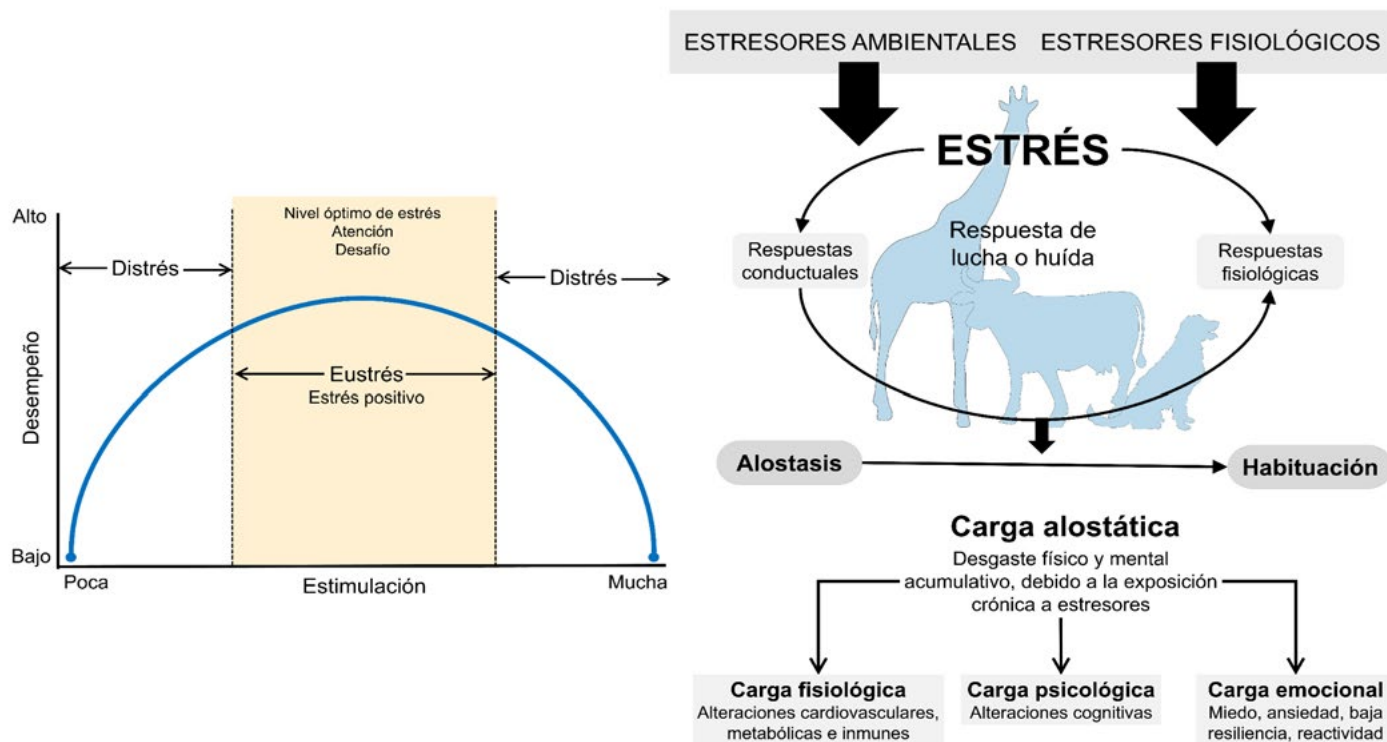
El estrés puede clasificarse de acuerdo con la intensidad y duración del estresor. Por un lado, el estrés agudo se caracteriza por una rápida recuperación del equilibrio fisiológico ante una amenaza breve. Este proceso desencadena la activación de los ejes SAM y HHA y el *locus coeruleus*,

resultando en cambios fisiológicos y metabólicos como aumento en la frecuencia cardíaca, respiratoria, presión arterial alta, reducción de la función inmune, disminución del apetito, reducción del potasio y magnesio en plasma, menor flujo digestivo hacia el estómago o rumen y aumento hacia los intestinos (Mota-Rojas et al., 2021; Ataallahi et al., 2022).

El estrés agudo permite restablecer la homeostasis a través de una retroalimentación negativa modulada por sistemas como el endocannabinoide, neuronas GABAérgicas, β -endorfinas y otros péptidos derivados de la propiomelanonocortina. Los estresores de duración corta activan el SNA, desde el hipotálamo directamente hasta la médula suprarrenal, desencadenando la secreción de catecolaminas (adrenalina y norepinefrina) (Rohleder, 2019). La secreción de catecolaminas se ha observado en diversas especies frente a distintos estresores. Por ejemplo, en ratas Wistar, el estrés por inmovilización y/o aislamiento incrementa las concentraciones de adrenalina a nivel cardíaco (19.1 ng/g), en contraste con las ratas control (10.8 ng/g) (Majewski et al., 1986). Esto es similar a lo observado en caballos con lesiones provocadas durante el entrenamiento, en quienes se registraron aumentos en las concentraciones séricas de adrenalina (>255 μ mol) y noradrenalina (>361.1 μ mol) (Ayala et al., 2012).

El cuadro 1 presenta una comparación entre los efectos fisiológicos de dosis bajas y altas de estrés en animales, destacando cómo la intensidad del estímulo puede generar respuestas adaptativas o perjudiciales. Mientras las dosis moderadas favorecen la resiliencia, la neuroplasticidad y el fortalecimiento inmunológico, las exposiciones intensas y prolongadas pueden desencadenar disfunciones metabólicas, inmunosupresión y alteraciones cognitivas. Esta distinción resulta clave para comprender el principio de homeorresis y su implicancia en el bienestar animal.

Figura 1. Eustrés, distrés, alostasis y su asociación con la carga alostática



La imagen de la izquierda muestra la respuesta o desempeño que tiene un organismo hacia poca o mucha estimulación. Cuando la estimulación y el desempeño llegan a un nivel óptimo, los animales se encuentran en un estado de eustrés (estrés positivo) donde resalta el grado de atención y la capacidad de los animales de responder a desafío. Por el contrario, cuando la estimulación sobrepasa los niveles de eustrés, el desempeño disminuye y los animales entran en un estado de distrés. En la imagen de la derecha se observa que los estresores de diversa naturaleza generan respuestas conductuales y fisiológicas en los animales. Estas respuestas surgen con el fin de mantenerse en alostasis y, consecuentemente, producir habituación en los animales para disminuir la respuesta a una estimulación repetida. No obstante, cuando este proceso no se lleva a cabo, se conduce al desgaste físico y mental, denominado carga alostática, la cual conlleva alteraciones fisiológicas, psicológicas y emocionales.

Cuadro 1: Respuestas adaptativas y disfuncionales al estrés según su intensidad

Intensidad del estrés	Características fisiológicas principales	Efectos adaptativos o perjudiciales	Ejemplos en animales
Dosis bajas	Activación moderada del eje HHA ↑ Cortisol transitorio ↑ Neuroplasticidad	Mejora de la resiliencia Fortalecimiento inmunológico Optimización del aprendizaje	Exposición breve a estímulos nuevos Entrenamiento controlado Ambientes enriquecidos
Dosis altas	Activación excesiva y sostenida del eje HHA ↑ Cortisol crónico ↓ Neurogénesis	Inmunosupresión Alteraciones metabólicas Disfunción cognitiva	Confinamiento prolongado Mal manejo humano Ambientes impredecibles o hostiles

Maestripiery Hoffman, 2011; Collier et al., 2017; Bienertova-Vasku et al., 2020; Chu et al., 2024.

Otros ejemplos del efecto que los estresores agudos generan en los animales se han registrado en modelos murinos sometidos a estrés agudo por restricción o calor nocivo, en quienes se observó una mayor expresión de receptores adrenérgicos ($\alpha 1A$), lo cual se relaciona con el incremento en las concentraciones de catecolaminas por efecto del estresor. De igual forma, en especies distintas como el pez lenguado oliva (*Paralichthys olivaceus*), la administración de adrenalina intracerebral (a 0.1mM) incrementó las concentraciones de CRH (>6.5 mM) en los peces e incrementó la expresión de receptores adrenérgicos $\alpha 1$ y $\beta 3$ a nivel cerebral., Estos hallazgos se relacionan con la actividad sincronizada de las catecolaminas con el eje HHA durante el estrés agudo (Shi et al., 2024). De esta manera, el estrés agudo se caracteriza por el incremento en el gasto energético, lo cual ocasiona reajustes metabólicos o activación de rutas metabólicas alternas como lipólisis, proteólisis o gluconeogénesis para la obtención de energía (Moses et al., 2024).

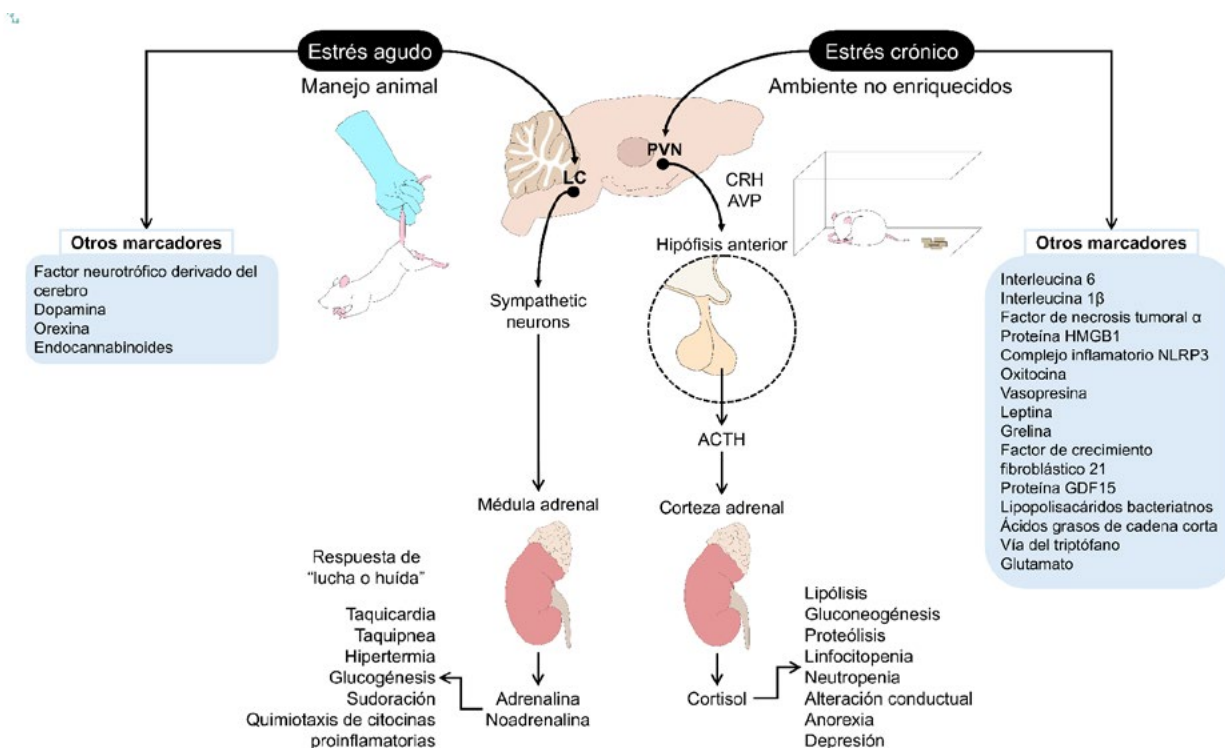
Por el contrario, el estrés crónico se presenta como una condición fisiológica en donde los animales están expuestos a estresores de manera prolongada o sostenida,

con una duración variable de días, meses o incluso años (McEwen, 2017). La constante exposición a estresores impide que el SNA active adaptaciones conductuales o fisiológicas normales, lo cual genera alteraciones de las funciones biológicas que comprometen la salud y el bienestar del animal (Mota-Rojas et al., 2024b; Sarfi et al., 2025). La respuesta endocrina al estrés crónico está mediada por la secreción de glucocorticoides en la corteza suprarrenal (Figura 2) (Bhatnagar et al., 2006; Tortora y Derrickson, 2013; Van Lanen y Sande, 2014; Franchini et al., 2019). En la figura se observa que los ejes SAM e HHA son los principales mediadores de la respuesta al estrés agudo y crónico, respectivamente (Carter y Goldstein, 2015; Bhatnagar et al., 2016). Sin embargo, adicionales biomarcadores, mediadores inmuneuronales, señales metabólicas y neuroinflamatorias reflejan la visión actual del estrés como un fenómeno multisistémico. Por ejemplo, en el caso del estrés agudo, a nivel cerebral, el factor neurotrófico derivado del cerebro y la dopamina promueven la atención, la memoria y la plasticidad neuronal, facilitando la adaptación (Vaessen et al., 2015; Hacioglu et al., 2016). Asimismo, orexina y

endocannabinoides modulan el estado de alerta y ayudan a restaurar el equilibrio fisiológico tras la exposición al estímulo estresante (Riebe y Wotjak, 2011; Sargin, 2019). En conjunto, estas respuestas son transitorias, coordinadas y protectoras, permitiendo al individuo afrontar eficazmente desafíos ambientales o sociales. Por otra parte, entre los marcadores del estrés crónico se enlistan la interleucina 6, 1- β , TNF- α , y proteína HMGB1, las cuales reflejan activación microglial y neuroinflamación prolongada (Ng et al., 2018; Zhang et al., 2019), en conjunto con la activación del complejo inflamatorio NLRP3, el cual amplifica el daño neuroinflamatorio (Zhang et al., 2015). Desbalances en las concentraciones de oxitocina y vasopresina durante la exposición al estrés crónico alteran

la conducta social y el manejo emocional (Makara et al., 2004; Sippel et al., 2017). A nivel metabólico e intestinal, se observan cambios en leptina, grelina, factor de crecimiento fibroblástico 21 y proteína GDF15 (Patel et al., 2019; Daniels et al., 2023), mientras que la participación del eje intestino-cerebro en la cronificación del estrés se refleja a través de disbiosis intestinal, lipopolisacáridos bacterianos y ácidos grasos de cadena corta (Gao et al., 2018; Han et al., 2023). Finalmente, efectos de neurotoxicidad y daño neuronal son promovidos debido a la vía del triptófano hacia quinurenina y ácido quinolínico, la cual desvía la síntesis de serotonina y genera neurotoxicidad, y al exceso de glutamato y alteración del transporte glial (Wang et al., 2018; Pal, 2021).

Figura 2. Fisiología del estrés agudo y crónico y la activación de los sistemas simpatoadrenomedular e hipotálamo-hipófisis-adrenal., ACTH: hormona adrenocorticotropina; CRH: hormona liberadora de corticotropina); AVP: vasopresina



En conjunto, la GHRH y TRH promueven la disponibilidad y uso de la energía a través de rutas metabólicas alternas (Herman et al., 2016), como se ha reportado en especies de aves (Varun et al., 2021), ratones (Choi et al., 2015), peces (Peter, 2011), entre otros. Por ejemplo, Varun et al., (2021) indujeron estrés crónico en pollos de engorda mediante incrementos de la temperatura ambiental (hasta 39.1°C), 2 horas al día por cuatro o cinco semanas. En estos animales se observaron incrementos en los niveles de T3 (>0.26 ng/dl), T4 (>2.66 ng/dl) y corticosterona (6.02 ng/dl), en contraste con las gallinas sin ningún estresor, lo cual indica una mayor liberación de TRH a nivel neuronal. Resultados similares fueron reportados en ratones sometidos a estrés crónico por inmovilización en tubos cónicos ventilados 2 horas diarias durante 14 días consecutivos. Los hallazgos revelaron que los niveles de TRH y receptores neuronales TRH1 incrementaron notablemente y de forma progresiva (al menos 2 niveles de expresión) (Choi et al., 2015).

El estrés agudo ayuda a responder eficazmente a los estresores; sin embargo, el estrés crónico está acompañado de aumentos significativos en la morbilidad y mortalidad debido a la inmunosupresión y predisposición a enfermedades e inflamación crónica (Dantzer et al., 1996; Caroprese et al., 2010; Lengi et al., 2022; Mota-Rojas et al., 2022; Seeley et al., 2022). Dicho incremento en la susceptibilidad a enfermedades se ha reportado en ganado lechero como respuesta al estrés térmico, ya que la concentración de células inmunitarias como granulocitos y neutrófilos en la leche disminuye drásticamente, por lo que la capacidad de la glándula mamaria para responder de forma exitosa a una infección se ve comprometida (Lengi et al., 2022; Worku et al., 2023). Una respuesta similar ha sido reportada en modelos murinos sometidos a estrés crónico empleando diversos

estímulos (p. ej., inclinación de la jaula, cama sanitaria húmeda, sonidos de depredadores, desajustes en ciclo luz/oscuridad). En los animales se registró un aumento en la expresión génica de citocinas inflamatorias a nivel del SNC como IL-1 y TNF- α , los cuales alteran la integridad y permeabilidad de la barrera hematoencefálica y predisponen al desarrollo de trastornos cerebrales (White et al., 2024). Otro ejemplo de las consecuencias del estrés crónico se cita en el estudio de Martínez et al., (2024), quienes compararon la respuesta de gorriones (*Passer domesticus*) expuestos a estresores agudos y crónicos con la de un grupo control, a través de marcadores séricos asociados al estado inmunológico. La manipulación durante un máximo de 5 minutos fue empleada como estresor agudo, mientras que para el estrés crónico se empleó un paradigma con tres estresores distintos (balanceo, golpeteo de la jaula y sonidos de radio a volumen medio) por 21 días. Los hallazgos revelaron respuestas inmunitarias adaptativas potencializadas en individuos sometidos a estresores crónicos, en donde los gorriones expuestos a estrés crónico aumentaron progresivamente los valores de hemólisis-hemaglutinación ($0.12 \pm 2.49 \log$), en contraste con los gorriones del grupo control (sin estresor) ($-0.8 \pm 1.97 \log$) o estrés agudo ($-0.96 \pm 0.91 \log$). Asimismo, los autores evaluaron el nivel de cicatrización en una herida realizada en la pierna de los individuos. Los gorriones del grupo estrés crónico exhibieron una cicatrización lenta y aumento del área de herida ($0.18 \pm 0.07 \text{ mm}$), en contraste con el grupo control ($-0.18 \pm 0.04 \text{ mm}$). Finalmente, el estudio observó diferencias significativas en el porcentaje de supervivencia y condición corporal de los gorriones con estrés crónico y el grupo control, en quienes se registraron mortalidades del 25% y 0%, respectivamente, así como una reducción de índice de masa corporal hasta 24 y 0, respectivamente.

El cuadro 2 resume las principales respuestas fisiológicas y conductuales observadas en animales expuestos a estrés agudo y crónico, diferenciando sus implicancias en el bienestar según la especie. Esta comparación permite visualizar cómo distintos tipos de estrés afectan de ma-

nera específica a bovinos, porcinos, aves y fauna silvestre, destacando la relevancia de considerar el tipo de estímulo y su duración en la evaluación del estado fisiológico y emocional de los animales.

Cuadro 2. Comparación de respuestas al estrés agudo y crónico en animales

Tipo de estrés	Especie	Respuesta fisiológica	Respuesta conductual	Implicancias en el bienestar animal
Agudo	Bovinos	↑ Cortisol, ↑ frecuencia cardíaca, hiperventilación	Vocalización, inquietud, evitación del estímulo	Recuperación rápida si el estímulo cesa
Crónico	Bovinos	↓ inmunidad, ↓ masa corporal, alteración del eje HHA	Apatía, menor interacción social	Disminución de productividad y fertilidad
Agudo	Porcinos	↑ Glucosa, activación del eje HHA	Gritos, escape, agresividad ocasional	Riesgo de lesiones si el manejo es brusco
Crónico	Porcinos	↑ susceptibilidad a enfermedades, úlceras gástricas	Estereotipias, agresividad persistente	Aumento de mortalidad y deterioro conductual
Agudo	Aves	↑ corticosterona, taquipnea	Aleteo, vocalización intensa	Afecta la postura y el consumo de alimento
Crónico	Aves	↓ tasa de postura, ↓ inmunidad, ↑ corticosterona sostenida	Plumas erizadas, reducción de vocalización	Afecta la reproducción y la salud general
Agudo	Fauna silvestre	↑ adrenalina, ↑ frecuencia respiratoria, activación simpática	Huida, inmovilidad, alerta extrema	Alteración del comportamiento natural y riesgo de accidentes
Crónico	Fauna silvestre	↓ neurogénesis, ↑ ansiedad, alteración cognitiva	Evitación prolongada, reducción de exploración	Impacto en la supervivencia y reproducción

Schouten y Wiegant, 1997; Karaer et al., 2023; Jurkovich et al., 2024.

Comparaciones entre la respuesta al estrés de ratones también han sido realizadas por Kuti et al., (2022), quienes monitorizaron el efecto metabólico del estrés agudo y crónico. Al emplear el aislamiento por una hora como estresor agudo, y la exposición a diversos estresores durante tres semanas (p. ej., restricción de agua, alteración del ciclo luz/oscuridad, natación forzada, aislamiento) como estrés crónico, los autores reportaron disminuciones significativas de peso en los animales del grupo crónico en comparación con los del grupo control (sin estresor) ($<0,42 \pm 0.48$ vs. 2.48 ± 0.33 g). Además, el grupo de estrés agudo no exhibió modificaciones en la composición corporal, a diferencia de los animales expuestos a estrés crónico, en quienes se observó una disminución del porcentaje de grasa ($<4\%$) y un aumento de la proporción de masa magra ($>1g$). Estos hallazgos se asociaron con la ingesta de alimentos y la actividad motora, al también registrar supresión de ambos valores en el grupo crónico (de 5 a 4 g y, 10000 a, 5000 sum/hora), en comparación con el agudo o control en los que se observó un incremento o estabilidad, respectivamente. SUM: suma total de estas interrupciones por hora. De manera adicional, al considerar el gasto energético como variable en el mismo estudio, los hallazgos mostraron que los ratones del grupo crónico gastaron en promedio 5 kcal/hora/kg más que el grupo control y de estrés agudo. Este efecto también se observa en otras especies como los peces cebras, quienes al ser expuestos a estresores agudos (restricción del nivel de agua durante 3 minutos) desarrollan linfopenia ($<21.81\%$), monocitosis ($>10.91\%$), neutrofilia o heterofilia ($>12.73\%$) y eosinopenia ($<0.73\%$). La razón de este ajuste coincide con la estimulación adrenérgica y proinflamatoria del SNA y el eje HHA. No obstante, en el caso de la exposición a estresores crónicos, los peces muestran monocitosis ($<21.57\%$), ligera neutropenia ($<1.43\%$) y eosinofilia ($>0.57\%$). Estas diferencias se asocian con el desequilibrio en el sistema in-

flamatorio por efecto de la repetida y prolongada reacción de lucha y huida (Grzelak et al., 2017).

En la práctica veterinaria, comprender la fisiopatología del estrés agudo y crónico es crucial. El estrés agudo, de corta duración, activa el sistema nervioso simpático y la liberación de catecolaminas, preparando al organismo para una respuesta inmediata (Dragoş y Tănăsescu, 2010). En contraste, el estrés crónico, prolongado o repetido involucra la activación sostenida del eje HHA y la secreción de glucocorticoides (Rohleder, 2019) inmunológico (Caroprese et al., 2010) y metabólico en diversas especies animales, impactando su salud y bienestar (Kuti et al., 2022).

Eustrés: el lado positivo del desafío en el bienestar animal

El eustrés es un concepto asociado al estrés, el cual refiere que un estresor no necesariamente es un evento desfavorable, es decir, “el estrés no es lo que sucede, sino cómo se reacciona ante él” (Selye, 1978; Bienertova-Vasku et al., 2020). El eustrés hace referencia a un “estrés positivo” en el que la respuesta al estresor mejora la capacidad de los animales a responder a su entorno, como lo es la facilitación de recursos energéticos como glucosa (Coria-Avila et al., 2022). De hecho, el enriquecimiento ambiental puede considerarse un estresor crónico moderado, ubicado en un espectro entre una intensidad de estrés excesiva y una insuficiente (Smail et al., 2020; Buenhombre et al., 2021). Este tipo de estimulación es capaz de inducir respuestas como el aumento en la secreción de corticosterona, la reducción del peso corporal y el incremento de la masa adrenal, entre otras. Sin embargo, a diferencia de los efectos negativos asociados al estrés intenso o al ambien-

te carente de estímulos, el enriquecimiento ambiental protege a los animales frente a los impactos fisiológicos y psicológicos adversos derivados de los desafíos físicos y emocionales (Smail et al., 2020).

El eustrés representa una respuesta favorable durante eventos fisiológicos, en donde la actividad física es otro ejemplo de ello. En los caballos de deporte, el desarrollo de una respuesta de estrés puede tener efectos tanto positivos como negativos, influyendo directamente en el bienestar individual y en el rendimiento deportivo (Bartolomé y Cockram, 2016; Negro et al., 2018) (Witkowska-Piłaszewicz et al., 2021) observaron esta respuesta al estrés en caballos árabes clasificados como de alto o bajo rendimiento de acuerdo con actividades de carrera y resistencia. Al evaluar las concentraciones de cortisol, se encontró que los animales en el grupo de alto rendimiento presentaron un aumento menos pronunciado en los niveles de cortisol, con valores promedio de $6.28 \pm 2.89 \mu\text{g/dL}$ antes de la carrera y $11.63 \pm 4.66 \mu\text{g/dL}$ después de la misma. En contraste, los caballos clasificados como de bajo rendimiento mostraron niveles más elevados tanto antes ($8.27 \pm 6.12 \mu\text{g/dL}$) como después de la carrera ($16.00 \pm 7.61 \mu\text{g/dL}$). Estos hallazgos sugieren una respuesta adaptativa superior y una mayor habituación al estrés inducido por el ejercicio de los caballos clasificados como de alto rendimiento. Esta capacidad de adaptación se asocia a que el cortisol facilita los procesos metabólicos clave durante el ejercicio, como la gluconeogénesis, la glucogenólisis y la lipólisis, garantizando una disponibilidad energética óptima para la actividad muscular (Virus y Virus, 2004; Schoenfeld, 2013; de Freitas et al., 2017).

De manera similar, las concentraciones de cortisol salival se han evaluado en perros empleados en competencias de agilidad (Pastore et al., 2011). En este estudio, los niveles de cortisol antes y después de la carrera (2.2 ng/ml y 3.0 ng/ml , respectivamente) estuvieron acompaña-

dos por respuestas conductuales como temblores, jadeo y movimientos de cola (previo a la carrera) y movimientos circulares, micción y movimientos de cabeza (durante la carrera). Estos cambios fueron interpretados como manifestaciones clásicas de activación anticipatoria, lo que sugiere una activación adaptativa del eje HHA. Esta respuesta se asocia al entrenamiento previo y la familiaridad con el entorno competitivo, indicando un posible estado de eustrés que favorece la preparación del organismo.

Otro ejemplo de eustrés fue reportado por Horváth et al. (2007), quienes evaluaron la respuesta al estrés de perros policía y pastores alemanes de vigilancia expuestos a una situación amenazante. Los animales se dividieron en tres grupos de acuerdo con su reacción frente al estresor: 1. Miedo; 2. Agresión; 3. Incertidumbre. Los resultados mostraron que los perros de los grupos 1 y 3 incrementaron significativamente las concentraciones de cortisol frente al estresor ($0.13 \pm 0.15 \mu\text{g/dL}$ y $0.21 \pm 0.25 \mu\text{g/dL}$, respectivamente), mientras que los perros del grupo 2 no tuvieron incrementos significativos ($0.10 \pm 0.12 \mu\text{g/dL}$). Los autores interpretaron estos resultados como una baja reactividad del eje HHA y una estrategia de afrontamiento proactiva, caracterizada por una elevada actividad frente al desafío. El incremento en la excitación y en el nivel de actividad son indicadores característicos del eustrés, asociados a un aumento en el estado de alerta, atención y preparación para la acción, elementos esenciales para una respuesta adaptativa eficiente (Chmelíková et al., 2020).

Por lo tanto, los niveles de eustrés en los perros de trabajo pueden influir en su rendimiento y adaptabilidad (Lopes et al., 2015). Por ejemplo, en un estudio con 27 perros militares, Haverbeke et al. (2008) evaluaron las respuestas fisiológicas (cortisol) y conductuales frente a desafíos ambientales idénticos repetidos en un intervalo de 20 días. Los retos incluían una secuencia de estímulos sociales (ejercicios de obediencia y protección cronome-

trados), visuales (un juguete en movimiento) y auditivos (soplido de aire). Los resultados mostraron un aumento significativo de cortisol tras el primer desafío, pasando de 39.27 ± 4.91 nmol/l a 64.23 ± 6.19 nmol/l. En el segundo desafío (realizado 20 días después), el incremento fue menos pronunciado, con valores que variaron de 43.16 ± 7.51 nmol/l a 52.39 ± 3.99 nmol/l, lo cual sugiere que la exposición controlada y repetida a estímulos retadores puede desencadenar un proceso de eustrés, en el cual los animales desarrollan una mayor tolerancia al estrés.

Por otro lado, las especies presa, aquellas que son cazadas y consumidas por los depredadores (p. ej., mamíferos, aves, peces, insectos, reptiles, entre otros) han desarrollado estrategias de comportamiento como la vigilancia, que se considera una adaptación conductual para vigilar su entorno en busca de posibles amenazas (Lee et al., 2021; Coria-Avila et al., 2024). La vigilancia mejora la detección temprana del peligro y permite iniciar respuestas rápidas de escape, incrementando las probabilidades de supervivencia. Aunque puede asociarse a estados de estrés, la vigilancia también puede ser entendida como una manifestación de eustrés al mejorar la atención y capacidad de respuesta al entorno (Passantino et al., 2014; Fardell et al., 2020).

Las respuestas al estrés inducidas por los depredadores en las especies presa tienen consecuencias y beneficios. La exposición aguda a los depredadores desencadena una respuesta fisiológica inmediata, caracterizada por la liberación de glucocorticoides que movilizan reservas energéticas, optimizan la atención y suspenden temporalmente funciones no esenciales. Cuando se segregan durante periodos cortos, estas hormonas pueden ser beneficiosas y se cree que preparan al organismo para acciones inmediatas y extremas ante situaciones de peligro, como huir o paralizarse, que son críticas para mejorar sus probabilidades de supervivencia (Adamo

et al., 2013; Karaer et al., 2023). Un ejemplo de ello es el estudio de Suraci et al., (2016), donde se observó que los mapaches (*Procyon*) incrementan la vigilancia y reducen la búsqueda de alimento (de 28–30 segundos a 4–5 segundos) en respuesta a señales auditivas de depredadores (vocalizaciones de perros). Además, únicamente el 30% de los mapaches permaneció en la zona tras oír las vocalizaciones de los depredadores.

Por otra parte, enfrentarse a retos específicos también puede desencadenar efectos fisiológicos positivos, como se ha observado en animales expuestos a desafíos que involucran su nutrición (Davis et al., 2008; Koolhaas et al., 2011). Por ejemplo, Villalba et al. (2012) señalaron que la exposición temprana a una diversidad dietética puede inducir respuestas fisiológicas y conductuales positivas en animales enfrentados a situaciones desafiantes, tales como la impredecibilidad de ingerir surtidos de alimentos con características nutricionales y toxicológicas diferentes. En su estudio, los corderos comerciales Finn-Columbia-Polypay-Suffolk criados con una variedad amplia de alimentos (tratamiento DV) presentaron concentraciones plasmáticas de cortisol significativamente más bajas una hora después de la ingestión, en comparación con aquellos alimentados con una dieta monótona (tratamiento MO), lo que sugiere una menor activación del eje HHS en respuesta al consumo alimentario. Además, los corderos del grupo DV mostraron un menor aumento de la temperatura rectal tras una prueba de campo abierto, un indicador asociado a la reducción de la hipertermia inducida por el estrés y del miedo general. Estos hallazgos permiten inferir que los efectos beneficiosos de la diversidad dietética y ambiental podrían estar mediados por una mayor flexibilidad cognitiva y un sistema de respuesta al estrés más resiliente, lo que facilita una mejor adaptación frente a la novedad y la imprevisibilidad ambiental. En este sentido, se ha propuesto que la diversidad forrajera

en animales de pastoreo puede actuar como una fuente de eustrés, al desafiar sus capacidades cognitivas mediante oportunidades de control ambiental, promoviendo la eficiencia conductual, la resolución de problemas y la adaptabilidad en diferentes contextos, mejorando así el bienestar animal (Oesterwind et al., 2016; Villalba y Manteca, 2019). Los ajustes conductuales reducen el riesgo de depredación, ya que la percepción de una amenaza, cuando no es crónica, puede generar un estado de eustrés que facilita respuestas proactivas y adaptativas, favoreciendo así la supervivencia del individuo.

Finalmente, aunque actividades mencionadas anteriormente, como el ejercicio o el enriquecimiento ambiental, activan la respuesta de estrés, en general son percibidas como gratificantes (Louilot, 1986). Esto demuestra que el contexto en el que se desencadena la respuesta al estrés es determinante y que dichas actividades pueden mejorar la capacidad de los animales para afrontar los estresores (Smail et al., 2020). En este sentido, la exposición al estrés puede ser adaptativa y beneficiosa cuando se encuentra adecuadamente controlada, ya que proporciona una estimulación suficiente para mejorar la función en comparación con animales privados de estímulos, sin llegar a niveles elevados y desadaptativos de estrés (Crofton et al., 2015).

La paradoja del estrés en el bienestar animal

El estrés es considerado perjudicial para la salud y el bienestar de los animales; sin embargo, en determinados contextos, este puede inducir respuestas adaptativas benéficas, fenómeno denominado *hormesis*. Este concepto se describe como un proceso biológico mediante el cual

exposiciones leves o intermitentes a estresores desencadenan mecanismos fisiológicos que fortalecen la resiliencia del organismo ante futuros desafíos (Calabrese et al., 2007).

El término hormesis proviene del griego “excitar” y está estrechamente relacionado con lo propuesto en el campo de la toxicología en donde hacen referencia a las respuestas de la dosis y sus efectos letales, basado en el principio formulado por Paracelso hace más de 500 años (Pérez-Davison et al., 2009; Mattson y Calabrese, 2010). La hormesis es una respuesta adaptativa que posee dos fases opuestas dependientes de la exposición al estrés: 1) las pequeñas cantidades de estrés estimulan procesos biológicos que inducen respuestas benéficas de supervivencia, mejorando el rendimiento del organismo; 2) al presentarse altas exposiciones de estrés se produce una inhibición de las funciones biológicas del organismo, provocando consecuencias negativas que impactan en el rendimiento y el estado fisiológico del mismo (Berry y López, 2020; Rix et al., 2022; Wan et al., 2024). En la terminología biológica, la hormesis es conocida por muchos términos como lo son autoprotección, heteroprotección, xenohormesis, respuesta adaptativa, tolerancia cruzada y homeostasis adaptativa (Calabrese et al., 2007; López Diazguerrero et al., 2013). Sin embargo, estos términos están englobados bajo el principio de la hormesis, en el cual se realiza una respuesta adaptativa para restaurar la homeostasis ante una dosis de estrés, esto se lleva a cabo mediante la activación de mecanismos de defensa celulares que protegen frente a estímulos estresores de mayor intensidad (Mattson, 2008). Esto genera mejoras en el rendimiento fisiológico y prolonga periodos de vida (longevidad) (Mattson y Leak, 2024).

Diversos estudios muestran que la exposición controlada a agentes estresores como lo son la variación térmica o restricción alimenticia que induce expresión de

proteínas de choque térmico, enzimas antioxidantes y modulaciones neuroendocrinas positivas que impactan significativamente en el bienestar animal (Berry y López, 2020). Esta respuesta se ha observado en organismos procariontes (bacterias) y eucariotes (hongos, invertebrados, mamíferos humanos y no humanos) (Calabrese et al., 2007; Erofeeva, 2022).

En el contexto de la respuesta hormética se ha documentado que una amplia variedad de factores estresores bióticos y abióticos pueden inducir efectos benéficos a dosis subletales. Dentro de los factores abióticos se encuentran los metales pesados, temperatura (estrés calórico), la radiación ionizante, cambios de los niveles de oxígeno (hipoxia/anoxia), productos metabólicos endógenos (peróxido lipídico), factores estresantes oxidantes, ejercicio físico, ayuno, reducción calórica (frío), pesticidas, fertilizantes, entre otros. Asimismo, están los factores bióticos, siendo los menos reportados en animales, por ejemplo el hacinamiento (Calabrese et al., 2007; Guedes et al., 2022; Rix et al., 2022).

En primera instancia, la hipoxia o reducción en la suplementación de oxígeno es un factor estresante que desencadena respuestas herméticas y se ha estudiado desde aproximadamente el año, 1990. Un problema creciente en el mundo es el cambio climático, que ha impactado en el ecosistema terrestre y acuático por la disminución de la concentración de oxígeno (Giannetto et al., 2017; Nikinmaa, 2013). Esto ha generado un desequilibrio homeostático, produciendo estrés oxidativo que se traduce como la ineficiencia de los antioxidantes para neutralizar las altas concentraciones de especies reactivas de oxígeno, desencadenando daños lipídicos, proteicos y al material genético (Wu et al., 2013; Pizzino et al., 2017). Sin embargo, mediante la hormesis los animales se han adaptado y generado resistencia celular ante el incremento de

estímulos estresores como lo es la hipoxia (Campbell y López-Martínez, 2022).

Un ejemplo fueron los beneficios reportados por De La Torre y López-Martínez (2023) en una colonia de escarabajos (*Tenebrio molitor*) expuesta a anoxia en un periodo de seis horas. En comparación con el grupo control, la anoxia aumentó la longevidad de los animales (14 vs. 16–18 semanas). Asimismo, el grupo sometido a anoxia presentó menor daño oxidativo (menor carbonilación y peroxidación) y mayor capacidad antioxidante. De manera similar, López-Martínez et al. (2016) reportaron un aumento de la longevidad de *Cactoblastis cactorum* expuestos a radiaciones de 100, 200, 300 y 400 Gy y anoxia. En el estudio se observó una reducción del 45% de muerte y una longevidad duplicada en los animales expuestos a bajas cantidades de oxígeno.

El aumento de la longevidad está atribuido a la preparación del estrés oxidativo (POS). La hipoxia, como cualquier agente estresor, puede generar un estado celular hipermetabólico, lo que produce especies reactivas de oxígeno y nitrógeno (RONs) a través de la mitocondria, peroxisomas y el retículo endoplasmático (Tafari et al., 2016). Este proceso desencadena una señalización de factores de transcripción sensibles al redox: NRF2, FOXO, HIF y NF- κ B y un daño oxidativo dependiente del grado de exposición al estímulo estresor (Giraud-Billoud et al., 2019; Bae et al., 2024). Por otro lado, la implementación de estresores nutricionales (ayuno) en especies animales y humanas ha mostrado mejorar la longevidad y reducción de enfermedades metabólicas (Strilbytska et al., 2024). El ayuno intermitente (AI) se ha establecido como modelo de estudio en donde se restringe la ingesta calórica (20–40%). En modelos animales se ha observado que este estresor induce reducción de peso y mejora factores de riesgo cardiovasculares, la función mitocondrial y extien-

de la longevidad (Hwangbo et al., 2020; Duregon et al., 2021; Lushchak et al., 2023; Strilbytska et al., 2024).

El AI es caracterizado por la alternancia entre periodos de ingesta y reducción de alimentos (Flegal et al., 2016; Anton et al., 2017; Strilbytska et al., 2024).

Los beneficios del ayuno han sido estudiados ampliamente en roedores, como lo reporta Carlson y Hoelzel (1946), quienes aplicaron sesiones de ayuno a ratones de 42 días de edad. Los resultados mostraron un aumento significativo en la longevidad de machos (20%) y hembras (15%), asimismo se observó un retraso en la aparición de tumores mamarios de acuerdo con el número de ayunos. En la misma especie, Brandhorst et al. (2015) sustenta que las dietas imitaciones de ayuno de muy bajas calorías y proteína (FMD) aumentan la vida media un 11% en ratones y se presentan cambios en marcadores de resistencia al estrés y a la longevidad (cuerpos cetónicos, glucosa, IGF-1, IGFBP-1), reduciendo en un 45% la incidencia tumoral y en un 50% inflamaciones de la piel.

En el proceso de ayuno se promueve un estado de eustrés metabólico de tipo transitorio, el cual desencadena adaptaciones celulares que son moduladas por la hormesis. Desde un punto molecular, cuando existen bajos niveles intracelulares de ATP, se desencadenan estimulaciones de quinasas sensibles al estado energético (AMPK), estas utilizan lípidos como fuente energética mediante la β -oxidación de ácidos grasos favoreciendo la biogénesis mitocondrial para la regulación del metabolismo celular (Gwinn et al., 2008; Herzig y Shaw, 2017). Sin embargo, al mismo tiempo hay una inhibición de la vía del complejo 1 de la diana de rapamicina en mamíferos (mTORC1) indispensable para la proliferación celular, esto favorece la estimulación de la autofagia macrofágica (Szwed et al., 2021). Del mismo modo, al existir una disminución de glucosa, se disminuye la expresión del factor

de crecimiento similar a la insulina tipo 1 (IGF-1); esto a su vez suprime la actividad de la vía PI3K/Akt, traduciendo en efectos benéficos para el cuerpo (Kasprzak, 2021). Los beneficios que ofrece el ayuno de manera intermitente o a corto plazo a nivel celular es la potencialización de genes asociados a la reparación del DNA, supervivencia celular, respuesta antioxidante (reducción de ROS), mejora significativa de sensibilidad a insulina, reducción de inflamación sistémica e incidencia neoplásica, preservación y desarrollo de la cognición, aumento de longevidad (Arumugam et al., 2010; Singh et al., 2012; Longo y Mattson, 2014).

Otro ejemplo de *hormesis* es la actividad física, la cual constituye un factor estresante de tipo agudo que, al ser aplicada a dosis adecuadas, genera respuestas adaptativas beneficiosas a nivel celular, molecular y sistémico, modificando la funcionalidad del organismo hacia una mayor resiliencia y eficacia fisiológica (Finaud et al., 2006; He et al., 2016).

En un estudio realizado por Rafie et al. (2017) se evaluó el efecto del ejercicio voluntario en relación con la función motora en un modelo experimental de enfermedad de Parkinson en ratas Wistar. Los resultados mostraron que las ratas parkinsonianas con ejercicio voluntario aumentaron el tiempo de permanencia sobre el rodillo giratorio y una mayor resistencia en el test de agarre, sugiriendo una mejora en la coordinación y fuerza neuromuscular.

La mejora neuromuscular obtenida se asocia con múltiples mecanismos sinérgicos (Toader et al., 2025), ya que el ejercicio a bajas dosis permite la disponibilidad dopaminérgica, mejorando la transmisión motora, la actividad metabólica mitocondrial y vascular por el aumento del flujo sanguíneo cerebral, esto optimizando el aporte energético neuronal y muscular, indispensables para el funcionamiento muscular (Lee et al., 2018)

En otro estudio realizado por Robison et al. (2019) including Alzheimer's Disease (AD en ratones Tg-SwDI se evaluó el impacto del ejercicio cardiovascular voluntario de largo plazo en múltiples dominios fisiológicos, conductuales y neuropatológicos. Los resultados obtenidos mostraron que la expresión de citoquinas proinflamatorias (TNF- α , IL-6, IL-1) disminuye a bajas dosis de ejercicio (1 h-3 h) e incluso a dosis prolongadas (12 h). Además, el grupo de 1-3 h de ejercicio tuvo mejor respuesta conductual asociada a exploración social y no tuvo carga amiloide A β (hormesis óptima). En contraste, el grupo expuesto a 12 h mostró una carga amiloidea alta en respuesta a la sobrecarga fisiológica (hormesis inversa) y en respuesta conductual mostró una mejora significativa en la función motora. En los resultados que se obtuvieron, la carga amiloide está asociada a la cantidad de proteínas beta-amiloide (A β) acumuladas en el cerebro. Estas proteínas dificultan su propia eliminación al saturar las vías de depuración perivascular y transendotelial, del mismo modo, inducen una disfunción mitocondrial, ya que favorecen la producción de ROS, desencadenando estrés oxidativo. Esto puede exacerbar durante periodos prolongados de ejercicio en donde la capacidad de antioxidantes endógenos es mayor (Anantharaman et al., 2006; Tamagno et al., 2021).

Otros factores en donde la hormesis participa son en desafíos ambientales que involucran el estrés por frío o por calor. En primera instancia, la exposición crónica al frío ha mostrado efectos en animales y en las generaciones de los mismos. Por ejemplo, Norry y Loeschke (2002) determinaron que moscas expuestas a temperaturas bajas (14°C) por 16 generaciones aumentaron la tolerancia al frío hasta un 25%, sin mostrar un efecto negativo en la longevidad. La tolerancia al frío sin aumentar la longevidad hace referencia al compromiso fisiológico entre mecanismos de adaptación agudos como la crioprotección y procesos de

mantenimiento a largo plazo (Colinet y Renault, 2014). La correlación entre tolerancia al estrés y longevidad indica una posible base genética compartida, consistente con estudios de expresión génica asociados a ambos fenotipos (Zhao y Begun, 2017).

Complementario a esto, Marzouki et al., (2021) realizaron un estudio en el cual evaluaron los efectos del estrés por frío intermitente como posible inductor de hormesis en ratas. Al exponer a hembras y machos a sesiones de frío intermitente (4 °C, 2 h/día por 5 días), los machos mostraron un incremento significativo en el peso relativo de las glándulas suprarrenales (10.2 \pm 0.84 mg/100 g *vs.* 7.54 \pm 0.96 en controles) y niveles plasmáticos de corticosterona elevados, sin observarse cambios en las hembras. La ganancia de peso fue mayor en machos estresados, mientras que en hembras no hubo variaciones, a pesar de una reducción significativa en su ingesta alimentaria. Respecto a las pruebas de ansiedad, la conducta de los machos expuestos al frío indica un aumento claro de la misma, ya que los animales evitaron espacios abiertos tanto en el laberinto en cruz como en el campo abierto, y mostraron mayor comportamiento defensivo en el test de enterramiento. Ninguno de los grupos mostró alteraciones de memoria espacial, ni en el reconocimiento de objetos, siendo un indicador de preservación de las funciones cognitivas a pesar de los cambios fisiológicos y conductuales por el frío.

La respuesta en el aumento de la glándula suprarrenal, un órgano clave del eje HHA, está asociada a la activación sostenida del sistema de respuesta al estrés. Esto muestra relación con estudios que demuestran que el estrés por frío induce una hipertrofia suprarrenal y aumento de corticosterona en machos (Bramham et al., 1998; Bangasser y Valentino, 2014).

De acuerdo a los resultados conductuales observados en machos, se refleja una respuesta típica de ansiedad,

respaldándose por parámetros conductuales y fisiológicos. La evitación de espacios abiertos en laberintos en cruz elevada y en el campo abierto, así como el aumento de la conducta de enterramiento, son patrones clásicos relacionados a la ansiedad en modelos animales (Walf y Frye, 2007; Seibenhener y Wooten, 2015).

Por otra parte, la exposición al calor ha sido estudiada por Zhou et al. (2019) en *Caenorhabditis elegans*, modelo animal en donde se demostró que una leve exposición al calor durante la etapa temprana de desarrollo (25°C desde el estadio larval L1 hasta la adultez temprana) indujo una respuesta adaptativa que aumentó la longevidad de 20 a 24 días. La longevidad extendida en este estudio depende eminentemente de mecanismos epigenéticos, de forma principal la acetilación de histonas H4 en los promotores de genes claves, esto facilitado por *cbp-1* y el complejo remodelador de cromatina SWI/SNF (*swsn-1*). Al inhibir estos reguladores por completo, el efecto benéfico del estrés térmico se elimina. De esta manera, la hormesis y pequeñas dosis de estrés producen un efecto beneficioso en el organismo al mejorar la salud general y la longevidad de los animales, además de promover mecanismos de adaptación que serán discutidos a continuación.

Del estrés al éxito

De acuerdo con los términos previamente abordados, la exposición de los animales a ambientes desafiantes no siempre suele desencadenar un efecto negativo en los mismos, ya que la mayoría de las especies han aprovechado su ambiente y el entorno en el que se desenvuelven para desarrollar mecanismos adaptativos, de neuroplasticidad y resiliencia (McEwen et al., 2015; Orihuela et al., 2024)

Resiliencia temprana

La resiliencia en los animales se define como la capacidad de un individuo para adaptarse de manera positiva frente a situaciones adversas, como el estrés de origen ambiental, social o fisiológico. Esta capacidad adaptativa se manifiesta a través de respuestas neuroendocrinas, inmunológicas y conductuales, que permiten mantener la homeostasis o alcanzar la alostasis, incluso ante desafíos prolongados o repetitivos (Gross Ochoa et al., 2022; Grandin, 2019; Grandin y Deesing, 2020).

Un ejemplo de esto son los estudios en los que estresores a temprana edad (ELS, por sus siglas en inglés) generan efectos positivos en los animales al promover la resiliencia, conocida como la habilidad de los animales para adaptarse rápidamente a la adversidad (Bravo-Tobar et al., 2021). Santarelli et al. (2017) reportaron este efecto en ratones machos de la cepa Balb/c expuestos a condiciones adversas a partir de los dos días de vida por ocho días (cantidades limitadas de material para anidar y sustrato). Los resultados de este estudio mostraron que un entorno adverso durante el crecimiento redujo la reactividad del eje HHA al encontrar concentraciones similares de corticosterona entre el grupo de estrés y los animales control (en promedio 12 ng/ml en ambos grupos), además de la ausencia de comportamientos asociados a ansiedad y la exhibición de interacciones sociales positivas con congéneres. De manera similar, ratas macho de la cepa Sprague-Dawley expuestas a episodios repetidos de estrés inducido (a través del método de impotencia aprendida) mostraron un aprendizaje más rápido que ratas control sin estrés (45 vs. 55 s) (Hadar et al., 2019). Los efectos de la ELS en la resiliencia al estrés también se han observado en varios estudios en peces (Buenhombre et al., 2021), por ejemplo, una exposición visual prolongada (90 días) a peces heteroespecíficos (tanto depredadores como no depredadores) durante el desarro-

llo resultó en una reducción de los niveles de cortisol en los peces cebra cuando fueron sometidos posteriormente a un estresor agudo de persecución con red (120 s) o cuando fueron expuestos nuevamente a un depredador diez días después (Abreu et al., 2018).

Beneficios derivados de la exposición a estresores también han sido observados en ratones adultos de la cepa C57BL/6J por Ayash et al. (2020). Los autores encontraron que después de la exposición a condiciones adversas (interacción con congéneres agresivos) durante 21 días, los ratones bajo estrés mostraron el doble de comportamientos activos de defensa, mayor porcentaje de sociabilidad (13%), y menores indicios de comportamientos asociados al miedo (20%) que los animales control (7 y 30%, respectivamente) (Ayash et al., 2020). Efectos antidepresivos y ansiolíticos del estrés fueron reportados en ratas adolescentes, al ser expuestas a un paradigma de estrés crónico moderado por 28 días (estrés por contención) (Suo et al., 2013). Asimismo, ratas macho sometidas a estrés por derrota social durante la adolescencia y a un evento adverso de duración prolongada durante la etapa adulta desarrollaron mecanismos de resiliencia al estrés, al mostrar una mejora en la memoria espacial y reducir comportamientos asociados al estrés (tigmotaxis) (Mancini et al., 2021).

De igual manera, la calidad del cuidado materno es otro aspecto que se ha relacionado estrechamente con la exposición a estresores durante la gestación o durante los primeros días post-parto. Generalmente, estresores como la intervención humana, partos distócicos o crías con bajos niveles de vitalidad resultan en efectos negativos para el cuidado de la cría (Bienboire-Frosini et al., 2023; Mota-Rojas et al., 2022). No obstante, la exposición a dichos estresores puede modificar y beneficiar la expresión del comportamiento materno. En este sentido, Fuentes et al. (2014) emplearon en ratas Long-Evans la restric-

ción de sustrato como estresor durante los primeros días post-natales para evaluar su efecto en el cuidado materno. Los autores encontraron que el ELS incrementó la presentación de encorvamiento del dorso para amamantar a los recién nacidos (hasta 75 episodios *vs.* 30 episodios en animales control). Resultados similares fueron observados en ratones BALB/c sometidos a separación materna como ELS (Orso et al., 2018). En estos animales, la exposición a un estresor aumentó la frecuencia de amamantamiento, acicalamiento y contacto con los recién nacidos (evaluado a través de un índice materno de más del 60%) durante la primera semana de vida.

Otros estudios enfocados al comportamiento materno han reportado en ratones Swiss-Webster que el estrés durante la gestación (exposición a dos estresores) aumentó el tiempo de amamantamiento (3500 s), la duración de acicalamiento (650 s) y motivó que las hembras regresaran al nido a las crías con mayor rapidez (18 s) que los animales control (Meek et al., 2001). Estos comportamientos son indicativos de que el estrés no causa déficits maternos, sino que puede promover un incremento en el cuidado de la cría. Además, la exposición a estresores de baja intensidad ha mostrado tener efectos positivos en las crías debido a que las cantidades de corticosterona secretada por la madre pueden ser transmitidas a la cría a través de la lactancia, como lo reportó Macrì et al. (2009) en ratones CD-1 quienes recibieron dosis altas (100 mg/l) y bajas (33 mg/l) de corticosterona a través de la leche materna. Los resultados mostraron que niveles bajos de corticosterona (33 mg/l) mejoraron las habilidades cognitivas de las crías al completar exitosamente la tarea de cambio de conjunto atencional, conocida como un método que evalúa la capacidad de los animales para adaptarse a su entorno y responder adecuadamente ante variaciones imprevistas (Heisler et al., 2015).

Los beneficios que el estrés genera en los animales no sólo se observan a través de cambios en el comportamiento y una baja reactividad del eje HHA, sino que a nivel neuronal y de neuroplasticidad, diversos estudios han registrado cambios asociados al estrés. Un ejemplo es lo reportado por Bath et al. (2016), quienes observaron que ratones de la cepa C57BL/6N expuestos a cuidado materno fragmentado como estresor a los cuatro días después de nacidos, registraron una maduración acelerada del hipocampo. En este estudio, animales estresados a temprana edad mostraron la expresión de genes marcadores de madurez sináptica (i.e., receptor N-metil-D-aspartato) y un aumento en la expresión de proteínas mielínicas (en una relación de hasta 250). Estos resultados indican que el estrés durante las fases de desarrollo de los animales promueve la maduración a nivel cerebral como mecanismo compensatorio y de adaptación, algo que también ha sido registrado en ratones macho BALB/c expuestos a separación materna como ELS, en quienes la ausencia de alteraciones cognitivas se relacionó a un efecto de resiliencia al estrés mediado por dopamina (Tractenberg et al., 2020). Esto es similar a lo reportado por Reis-Silva et al. (2019), quienes mencionan que la resiliencia en ratones macho suizos, en respuesta a estrés por contención repetida, está mediado por un incremento en la actividad dopaminérgica de la corteza prefrontal y sinapsis en el área mesolímbica, regiones que se asocian a una flexibilidad cognitiva, regulación emocional y mecanismos de adaptación frente a desafíos (Maier y Watkins, 2010).

De igual forma, Febraro et al. (2017) encontraron que la exposición repetida a estresores de moderada intensidad (protocolo con siete estresores, incluyendo iluminación intermitente y luz estroboscópica), por cuatro semanas, suprimió la inmunoreactividad de la c-Fos en la amígdala de ratas Wistar macho resilientes al estrés, un marcador de la respuesta emocional y endocrina al

estrés agudo (Numa et al., 2019). Además, estudios recientes han mostrado en ratones que la presencia del gen FKBP51 en las neuronas prosencefálicas es necesaria para que el ELS genere efectos positivos en la cognición y la memoria (van Doeselaar et al., 2025).

De esta manera, los hallazgos sugieren que la exposición a entornos estresantes durante el desarrollo o la exposición repetida a estresores de moderada intensidad aumenta la resiliencia de los animales al mejorar sus habilidades para responder frente a un desafío. Sin embargo, a través del estrés los animales no sólo son capaces de adquirir dicha flexibilidad cognitiva, sino que, además, pueden desarrollar adaptaciones fisiológicas e inclusive anatómicas al exponerlos a entornos desafiantes como lo son climas extremos (p. ej., estrés por calor o por frío). En este sentido, existen diferentes caracteres fenotípicos y genotípicos que confieren a los animales un potencial adaptativo, permitiéndoles afrontar condiciones adversas y sobrevivir en el entorno en el que se desarrollan (Sejian et al., 2018).

Adaptaciones morfológicas

Tomando en cuenta la modificación de rasgos morfológicos, es importante destacar la influencia en diversos mecanismos en los animales. Por ejemplo, McManus et al. (2009) resaltan las adaptaciones en el color del pelaje de ovejas, ya que se asocia a la capacidad de respuesta al estrés térmico. En estos animales se ha registrado que ovejas con pelaje claro son adecuadas para su crianza en climas cálidos debido a que el pelaje refleja entre 50% y 60% de la radiación solar directa comparado con ovejas de color oscuro. Asimismo, en regiones áridas y semiáridas, las ovejas *Omani* se han adaptado al presentar lana tipo alfombra en tres variedades de acuerdo con la microscopía electrónica, envolventes, anuladas, poligonales y alargadas, las cuales

las protegen de la radiación y les ofrecen mayor disipación del calor por evaporación (Mahgoub et al., 2010). En esta misma especie se ha identificado otra adaptación observada en ovejas *awassi* por Gootwine (2011) y Lori-Bakhtiari (Vatankhah y Talebi, 2008), la cual es la presencia de una cola engrosada que mejora la transferencia de calor.

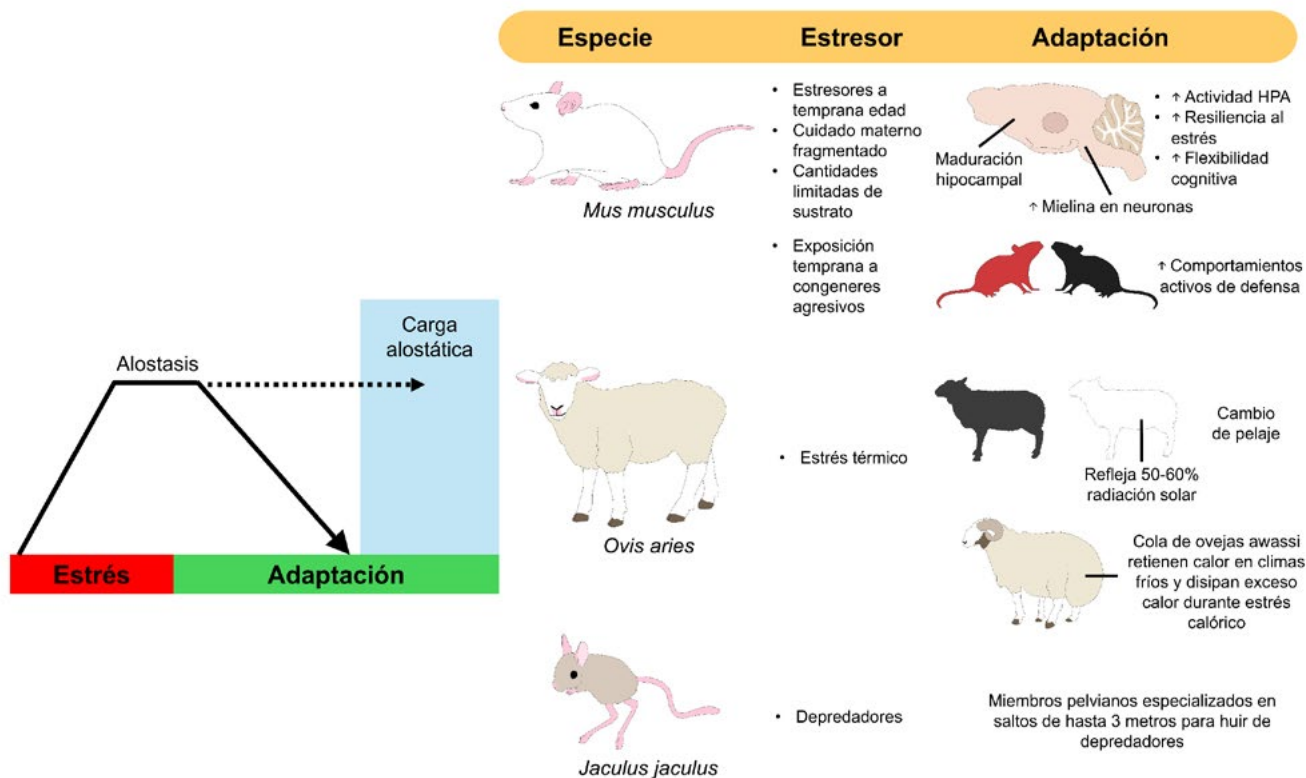
Otra adaptación son los patrones de color que se emplean durante interacciones sociales y agonísticas, búsqueda de parejas potenciales o durante la termorregulación (Endler y Mappes, 2017). En este sentido, Umbers et al. (2013) identificaron que en saltamontes camaleón (*Kosciuscola tristis*) el cambio de color se asocia a diferentes temperaturas. Por ejemplo, un color de negro a temperaturas por debajo de 10°C, mientras que los animales se observan con color turquesa con valores por encima de los 25°C. Esto sugiere que la evolución del color es una ventaja de adaptación termorreguladora solo si las diferencias de temperatura generan una adaptación (Bernays, 1991). De igual manera, en roedores sahara-sahelianos, Nokelainen et al. (2020) indicaron que el camuflaje visual depende de la temperatura y sequedad, donde los rasgos fenotípicos tienden a modificarse teniendo en cuenta tres factores principales: la genética, la cual refleja la variación en su morfología, el comportamiento y la fisiología.

Los bovinos (*Bos taurus*, *B. indicus*) son otra especie en la que se ha observado su capacidad de adaptación para soportar condiciones de estrés térmico (Hansen, 2004), como lo observado en ganado con y sin pelo por Jian et al. (2014, 2015). En este estudio, un mayor diámetro y volumen se registraron en los *B. indicus* (1058 glándulas/cm²; $1.60 \mu^3 \times 10^{-6}$) al compararlo con los *B. taurus* (920 glándulas/cm², $0.51 \mu^3 \times 10^{-6}$) y sus cruza (709 glándulas/cm²; $0,68 \mu^3 \times 10^{-6}$). Lo anterior sugiere un rasgo de adaptación a los ambientes cálidos para estas especies.

En el caso de los felinos, la coloración y patrón del pelaje de esta especie depende de si son depredadores o presas, la comunicación interespecífica e intraespecífica y de factores fisiológicos (Caro, 2013). Durante la caza, la coloración del pelaje es importante ya que permite camuflarse con el medio. Esto se observa en aquellos animales con una coloración disruptiva donde las manchas, rayas o motas oscuras contrastan con el color de fondo más claro, proporcionando a los felinos que habitan en bosques desaparecer en la luz que traspasa la vegetación (Kitchener y Yamaguchi, 2010). Por ejemplo, *Panthera uncia* se caracteriza por un pelaje claro grisáceo que asemeja su ambiente en las montañas y el tipo de alimentación (Stankowich y Coss, 2007).

Por lo tanto, el eustrés y la exposición temprana a estresores confieren beneficios a los animales y les proporcionan mecanismos de adaptación a su ambiente. Incluyendo al enriquecimiento ambiental como un factor estresante leve (Smail et al., 2020; Buenhombre et al., 2021) que contribuye a desarrollar habilidades y competencias en múltiples dominios funcionales –incluyendo, entre otros, el comportamiento, la inmunidad y el metabolismo– lo que incrementa la capacidad funcional y facilita la resiliencia frente a diversos desafíos, tales como las prácticas de manejo, los cambios sociales y las infecciones (Colditz et al., 2024).

Figura 3. Rol de estrés y estresores en los mecanismos de adaptación de algunas especies



El estrés en la interacción humano-animal

La domesticación ejemplifica el vínculo existente entre humanos y animales (Driscoll et al., 2009). A partir de esta es que inició la interacción humano-animal, la cual se define como la percepción de la expresión de comportamientos mutuos, clasificados en interacciones negativas o positivas (Hosey y Melfi, 2018) the study of human-animal interactions (HAIs. Por una parte, las interacciones positivas son aquellas que promueven emociones positivas en los animales y los humanos; sin embargo, las ne-

gativas hacen referencia a aquellas en las que los animales responden con emociones negativas como miedo y ansiedad o desarrollan estrés.

Las interacciones negativas se han asociado al desarrollo de estrés en los animales, como lo menciona Tadich et al. (2025) al evaluar la respuesta al miedo en 72 pollos de engorde machos mediante el aprendizaje social a través de la evaluación de la distancia de fuga. Los autores encontraron que pollos a quienes se les dio manejo suave (interacción positiva) tuvieron una distancia de fuga menor (147 cm) que pollos con interacción negativa (únicamente contacto visual) (181.4 cm) y el grupo control (190.6 cm). Además, la duración de comportamien-

to de vigilancia fue menor en animales con interacción positiva que en los otros dos grupos (2.7, 21.1 y 20.7, respectivamente).

La interacción humano-animal en especies productivas es un pilar importante; sin embargo, características como el número de individuos y la producción intensiva pueden dar pauta a interacciones negativas en estos animales y poner en riesgo su bienestar (García Pinillos et al., 2016). Por ejemplo, Cedeño y Paranhos da Costa (2024) analizaron la calidad de la interacción humano-animal en ganado en subasta mediante la evaluación de tres puntajes de reactividad durante la introducción a una caja de exhibición (1: tranquilo, 2: reactivo, 3: muy reactivo). Los resultados mostraron que el 95% del ganado evaluado se catalogó como tranquilo, animales que, en el 85% de las veces, no recibieron golpes o malos tratos por parte de los ganaderos. Por ende, determinaron que la interacción humano-animal negativa mediante el uso de golpes durante el manejo repercute de forma significativa en la aparición de conductas aversivas en el ganado ($p < 0.001$).

De forma similar, Carnovale et al. (2023) destacaron la correlación positiva ($p < 0.01$) entre el comportamiento hostil de los ganaderos de cabras lecheras durante el ordeño y los cambios en el lenguaje corporal, principalmente en el movimiento de los miembros posteriores en forma de patadas, ya que estas son asociadas a un estado emocional negativo de agitación en animales lecheros. De igual manera, Waiblinger et al. (2002) mencionan que el manejo en vacas lecheras mediante vocalizaciones fuertes, uso de palmadas para la movilización y el uso de objetos como palos incrementa la frecuencia de patadas y disminuye la producción de leche ($p < 0.05$). Debido a esto, la relación humano-animal es un factor fundamental para el desarrollo de conductas asociadas al estrés; sin embargo, la calidad de esta determina si es factor estresor negativo o positivo.

CONCLUSIONES

El estrés implica la interacción de diversos mecanismos fisiológicos y conductuales cuyo objetivo es preparar a los animales para hacer frente a factores adversos. El efecto que los estresores generan en los animales, depende de la duración y frecuencia del estresor, aspectos que determinan la naturaleza adaptativa o perjudicial de la respuesta fisiológica. En este sentido, mientras que el estrés agudo activa mecanismos rápidos y eficientes para enfrentar desafíos inmediatos, el estrés crónico induce una sobrecarga alostática que compromete funciones vitales como la inmunidad, el metabolismo y la homeostasis energética. La alostasis se considera como un modelo central de regulación fisiológica asociado a la capacidad de los animales para anticipar los desafíos ambientales.

Otro término asociado al estrés es la hormesis, la cual representa una estrategia adaptativa evolutivamente conservada, mediante la cual exposiciones subletales a estresores desencadenan respuestas que no solo restauran, sino que recalibran la estabilidad fisiológica hacia un estado de mayor eficiencia funcional. Este tipo de eustrés controlado activa la protección celular y mecanismos de resiliencia que redefinen al estrés como un agente potenciador de la plasticidad biológica. Además, el eustrés también posee un potencial adaptativo y de resiliencia en los animales que les ayuda a desarrollarse en su ambiente.

Por último, es importante considerar que en especies bajo cuidado humano –sean domésticas o de fauna silvestre–, la interacción humano-animal ejerce una influencia directa en el estado mental de los animales y, por lo tanto, en el estrés que perciben. En medicina veterinaria es importante estudiar el estrés no sólo como una respuesta asociada a factores negativos, sino como una respuesta fisiológica que puede fortalecer la capacidad adaptativa del organismo, mejorar su desempeño fisiológico y conductual al preparar al animal para enfrentar desafíos cuando los estímulos estresantes son agudos y controlados.

BIBLIOGRAFÍA

- Abreu, M.S., Oliveira, T.A., Koakoski, G., Barreto, R.E., y Barcellos, L.J.G. (2018). Modulation of cortisol responses to an acute stressor in zebrafish visually exposed to heterospecific fish during development, *Zebrafish* 15, 228–233. <https://doi.org/10.1089/zeb.2017.1509>.
- Adamo, S. A., Kovalko, I., & Mosher, B. (2013). The behavioural effects of predator-induced stress responses in the cricket (*Gryllus texensis*): The upside of the stress response. *Journal of Experimental Biology*, 216(24), 4608–4614. <https://doi.org/10.1242/jeb.094482>
- Anantharaman, M., Tangpong, J., Keller, J. N., Murphy, M. P., Markesbery, W. R., Kinningham, K. K., & St. Clair, D. K. (2006). β -Amyloid mediated nitration of manganese superoxide dismutase: Implication for oxidative stress in an APPNLh/NLh \times PS-1 P264L/P264L double knock-in mouse model of Alzheimer's disease. *American Journal of Pathology*, 168(5), 1608–1618. <https://doi.org/10.2353/ajpath.2006.051223>
- Anton, S. D., Moehl, K., Donahoo, W. T., Marosi, K., Lee, S. A., Mainous, A. G., Leeuwenburgh, C., & Mattson, M. P. (2018). Flipping the metabolic switch: Understanding and applying health benefits of fasting. *Obesity*, 26(2), 254–268. <https://doi.org/10.1002/oby.22065>
- Arumugam, T. V., Phillips, T. M., Cheng, A., Morrell, C. H., Mattson, M. P., & Wan, R. (2010). Age and energy intake interact to modify cell stress pathways and stroke outcome. *Annals of Neurology*, 67(1), 41–52. <https://doi.org/10.1002/ana.21798>
- Ataollahi, M., Ghassemi, J., & Park, K.-H. (2022). Selection of appropriate biomatrices for studies of chronic stress in animals: A review. *Journal of Animal Science and Technology*, 64(4), 621–639. <https://doi.org/10.5187/jast.2022.e38>
- Ayala, I., Martos, N. F., Silvan, G., Gutierrez-Panizo, C., Clavel, J. G., & Illera, J. C. (2012). Cortisol, adrenocorticotrophic hormone, serotonin, adrenaline and noradrenaline serum concentrations in relation to disease and stress in the horse. *Research in Veterinary Science*, 93(1), 103–107. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2011.05.013>
- Ayash, S., Schmitt, U., Lyons, D. M., & Müller, M. B. (2020). Stress inoculation in mice induces global resilience. *Translational Psychiatry*, 10(1), 200. <https://doi.org/10.1038/s41398-020-00889-0>
- Bae, T., Hallis, S. P., & Kwak, M. K. (2024). Hypoxia, oxidative stress, and the interplay of HIFs and NRF2 signaling in cancer. *Experimental & Molecular Medicine*, 56(3), 501–514. <https://doi.org/10.1038/s12276-024-01180-8>
- Bangasser, D. A., & Valentino, R. J. (2014). Sex differences in stress-related psychiatric disorders: Neurobiological perspectives. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 35(3), 303–319. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2014.03.008>

- Bartolomé, E., & Cockram, M. S. (2016). Potential effects of stress on the performance of sport horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, *40*, 84–93. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2016.01.016>
- Bath, K. G., Manzano-Nieves, G., & Goodwill, H. (2016). Early life stress accelerates behavioral and neural maturation of the hippocampus in male mice. *Hormones and Behavior*, *82*, 64–71. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2016.04.010>
- Bernays, E. A. (1991). *Insect defenses: Adaptive mechanisms and strategies of prey and predators* [Book review]. *American Entomologist*, *37*(3), 188. <https://doi.org/10.1093/ae/37.3.188>
- Berry, R., & López-Martínez, G. (2020). A dose of experimental hormesis: When mild stress protects and improves animal performance. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, *242*, 110658. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2020.110658>
- Bhatnagar, S., Vining, C., Iyer, V., & Kinni, V. (2006). Changes in hypothalamic-pituitary-adrenal function, body temperature, body weight and food intake with repeated social stress exposure in rats. *Journal of Neuroendocrinology*, *18*(1), 13–24. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2826.2005.01375.x>
- Bienboire-Frosini, C., Marcet-Rius, M., Orihuela, A., Domínguez-Oliva, A., Mora-Medina, P., Olmos-Hernández, A., Casas-Alvarado, A., & Mota-Rojas, D. (2023). Mother–young bonding: Neurobiological aspects and maternal biochemical signaling in altricial domesticated mammals. *Animals*, *13*(3), 532. <https://doi.org/10.3390/ani13030532>
- Bienertová-Vašků, J., Lenart, P., & Scherlinger, M. (2020). Eustress and distress: Neither good nor bad, but rather the same? *BioEssays*, *42*(7), e1900238. <https://doi.org/10.1002/bies.201900238>
- Bobba-Alves, N., Juster, R. P., & Picard, M. (2022). The energetic cost of allostasis and allostatic load. *Psychoneuroendocrinology*, *146*, 105951. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2022.105951>
- Boissy, A., Arnould, C., Chaillou, E., Désiré, L., Duvaux-Ponter, C., Greiveldinger, L., Leterrier, C., Richard, S., Roussel, S., Saint-Dizier, H., Meunier-Salaün, M.-C., Valance, D., & Veissier, I. (2007). Emotions and cognition: A new approach to animal welfare. *Animal Welfare*, *16*, 37–43.
- Bramham, C. R., Southard, T., Ahlers, S. T., & Sarvey, J. M. (1998). Acute cold stress leading to elevated corticosterone neither enhances synaptic efficacy nor impairs LTP in the dentate gyrus of freely moving rats. *Brain Research*, *789*(2), 245–255. [https://doi.org/10.1016/S0006-8993\(97\)01265-1](https://doi.org/10.1016/S0006-8993(97)01265-1)
- Brandhorst, S., Choi, I. Y., Wei, M., Cheng, C. W., Sedrakyan, S., Navarrete, G., Dubeau, L., Yap, L. P., Park, R., Vinciguerra, M., Di Biase, S., Mirzaei, H., Mirisola, M. G., Childress, P., Ji, L., Groshen, S., Penna, F., Odetti, P., Perin, L., & Longo, V. D. (2015). A periodic diet that mimics fasting promotes multi-system regeneration, enhanced cognitive performance, and healthspan. *Cell Metabolism*, *22*(1), 86–99. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2015.05.012>
- Bravo-Tobar, I. D., Fernández, P., Sáez, J. C., & Dagnino-Subiabre, A. (2021). Long-term effects of stress resilience: Hippocampal neuroinflammation and behavioral approach in male rats. *Journal of Neuroscience Research*, *99*(10), 2493–2510. <https://doi.org/10.1002/jnr.24902>

- Buenhombre, J., Daza-Cardona, E. A., Sousa, P., & Gouveia, A. Jr. (2021). Different influences of anxiety models, environmental enrichment, standard conditions and intraspecies variation (sex, personality and strain) on stress and quality of life in adult and juvenile zebrafish: A systematic review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *131*, 765–791. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.09.047>
- Calabrese, E. J., Bachmann, K. A., Bailer, A. J., Bolger, P. M., Borak, J., Cai, L., Cedergreen, N., Cherian, M. G., Chiueh, C. C., Clarkson, T. W., Cook, R. R., Diamond, D. M., Doolittle, D. J., Dorato, M. A., Duke, S. O., Feinendegen, L., Gardner, D. E., Hart, R. W., Hastings, K. L., ... Mattson, M. P. (2007). Biological stress response terminology: Integrating the concepts of adaptive response and preconditioning stress within a hormetic dose-response framework. *Toxicology and Applied Pharmacology*, *222*(1), 122–128. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2007.02.015>
- Campbell, J. B., & López-Martínez, G. (2022). Anoxia elicits the strongest stimulatory protective response in insect low-oxygen hormesis. *Current Opinion in Toxicology*, *29*, 51–56. <https://doi.org/10.1016/j.cotox.2022.02.004>
- Carlson, A. J., & Hoelzel, F. (1946). Apparent prolongation of the life span of rats by intermittent fasting. *The Journal of Nutrition*, *31*(3), 363–375. <https://doi.org/10.1093/jn/31.3.363>
- Carnovale, F., Marcone, G., Serrapica, F., Lambiase, C., Sabia, E., Arney, D., & De Rosa, G. (2023). Human–animal interactions in dairy goats. *Animals*, *13*(12), 2030. <https://doi.org/10.3390/ani13122030>
- Caro, T. (2013). The colours of extant mammals. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, *24*(6–7), 542–552. <https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2013.03.016>
- Caroprese, M., Albenzio, M., Marzano, A., Schena, L., Annicchiarico, G., & Sevi, A. (2010). Relationship between cortisol response to stress and behavior, immune profile, and production performance of dairy ewes. *Journal of Dairy Science*, *93*(6), 2395–2403. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2604>
- Carter, J. R., & Goldstein, D. S. (2015). Sympathoneural and adrenomedullary responses to mental stress. *Comprehensive Physiology*, *5*(1), 119–146. <https://doi.org/10.1002/cphy.c140030>
- Cedeño, J. K. G., & Paranhos da Costa, M. J. R. (2024). Quality of human-animal interactions during beef cattle auctions in Panama. *Applied Animal Behaviour Science*, *276*, 106324. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2024.106324>
- Chen, S., Luo, S., & Yan, C. (2022). Gut microbiota implications for health and welfare in farm animals: A review. *Animals*, *12*(1), 93. <https://doi.org/10.3390/ani12010093>
- Chmelíková, E., Bolechová, P., Chaloupková, H., Svobodová, I., Jovičić, M., & Sedmíková, M. (2020). Salivary cortisol as a marker of acute stress in dogs: A review. *Domestic Animal Endocrinology*, *72*, 106428. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2019.106428>
- Chu, B., Marwaha, K., Sanvictores, T., Awosika, A. O., & Ayers, D. (2024). Physiology, stress reaction. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541120/>
- Colditz, I. G. (2022). Competence to thrive: Resilience as an indicator of positive health and positive welfare in animals. *Animal Production Science*, *62*(15), 1439–1458.

- Colditz, I. G., Campbell, D. L. M., Ingham, A. B., & Lee, C. (2024). Environmental enrichment builds functional capacity and improves resilience as an aspect of positive welfare in production animals. *Animal*, *18*(6), 101173. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101173>
- Colinet, H., & Renault, D. (2014). Dietary live yeast alters metabolic profiles, protein biosynthesis and thermal stress tolerance of *Drosophila melanogaster*. *Comparative Biochemistry and Physiology A: Molecular & Integrative Physiology*, *170*, 6–14. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2014.01.004>
- Collier, R. J., Renquist, B. J., & Xiao, Y. (2017). A 100-year review: Stress physiology including heat stress. *Journal of Dairy Science*, *100*(12), 10367–10380. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13676>
- Comin, A., Peric, T., Corazzin, M., Veronesi, M. C., Meloni, T., Zufferli, V., Cornacchia, G., & Prandi, A. (2013). Hair cortisol as a marker of hypothalamic-pituitary-adrenal axis activation in Friesian dairy cows clinically or physiologically compromised. *Livestock Science*, *152*(1), 36–41. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.11.021>
- Coria-Avila, G. A., Pfaus, J. G., Orihuela, A., Domínguez-Oliva, A., José-Pérez, N., Hernández, L. A., & Mota-Rojas, D. (2022). The neurobiology of behavior and its applicability for animal welfare: A review. *Animals*, *12*(7), 928. <https://doi.org/10.3390/ani12070928>
- Coria-Avila, G. A., Pfaus, J. G., Orihuela, A., Domínguez-Oliva, A., & Mota-Rojas, D. (2024). Neurobiología del comportamiento animal. In D. Mota-Rojas, A. Velarde, A. Strappini, A. Orihuela, & M. Ghezzi (Eds.) (pp. 147–184). B. M. Editores.
- Crofton, E. J., Zhang, Y., & Green, T. A. (2015). Inoculation stress hypothesis of environmental enrichment. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *49*, 19–31. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2014.11.017>
- Daniels, T. E., Mathis, K. J., Gobin, A. P., Lewis-de Los Angeles, W. W., Smith, E. M., Chanthrakumar, P., De La Monte, S., & Tyrka, A. R. (2023). Associations of early life stress with leptin and ghrelin in healthy young adults. *Psychoneuroendocrinology*, *149*, 106007. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2022.106007>
- Dantzer, R., Bluthé, R.-M., Aubert, A., Goodall, G., Bret-Dibat, J.-L., Kent, S., Goujon, E., Layé, S., Parnet, P., & Kelley, K. W. (1996). Cytokine actions on behavior. In *Cytokines* (Vol. 933, pp. 117–144). https://doi.org/10.1007/978-1-4615-9695-0_7
- Davis, A. K., Maney, D. L., & Maerz, J. C. (2008). The use of leukocyte profiles to measure stress in vertebrates: A review for ecologists. *Functional Ecology*, *22*(5), 760–772. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2008.01467.x>
- de Freitas, M. C., Gerosa-Neto, J., Zanchi, N. E., Lira, F. S., & Rossi, F. E. (2017). Role of metabolic stress for enhancing muscle adaptations: Practical applications. *World Journal of Methodology*, *7*(2), 46–54. <https://doi.org/10.5662/wjm.v7.i2.46>
- De La Torre, A. M., & López-Martínez, G. (2023). Anoxia hormesis improves performance and longevity at the expense of fitness in a classic life history trade-off. *Science of the Total Environment*, *857*, 159629. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159629>

- Dragoş, D., & Tănăsescu, M. D. (2010). The effect of stress on the defense systems. *Journal of Medicine and Life*, 3(1), 10–18.
- Driscoll, C. A., Macdonald, D. W., & O'Brien, S. J. (2009). From wild animals to domestic pets: An evolutionary view of domestication. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(1), 9971–9978. <https://doi.org/10.1073/pnas.0901586106>
- Duregon, E., Pomatto-Watson, L. C. D. D., Bernier, M., Price, N. L., & de Cabo, R. (2021). Intermittent fasting: From calories to time restriction. *GeroScience*, 43(3), 1083–1094. <https://doi.org/10.1007/s11357-021-00335-z>
- Edes, A. N., Edwards, K. L., Wolfe, B. A., Brown, J. L., & Crews, D. E. (2020). Allostatic load indices with cholesterol and triglycerides predict disease and mortality risk in zoo-housed western lowland gorillas (*Gorilla gorilla gorilla*). *Biomarker Insights*, 15, 1177271920914585. <https://doi.org/10.1177/1177271920914585>
- El Marzouki, H., Aboussaleh, Y., Najimi, M., Chigr, F., & Ahami, A. (2021). Effect of cold stress on neurobehavioral and physiological parameters in rats. *Frontiers in Physiology*, 12, 660124. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.660124>
- Erofeeva, E. A. (2022). Environmental hormesis: From cell to ecosystem. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 29, 100378. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2022.100378>
- Febbraro, F., Svenningsen, K., Tran, T. P., & Wiborg, O. (2017). Neuronal substrates underlying stress resilience and susceptibility in rats. *PLOS ONE*, 12(6), e0179434. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179434>
- Feng, Y. C., Liao, C. Y., Xia, W. K., Jiang, X. Z., Shang, F., Yuan, G. R., & Wang, J. J. (2015). Regulation of three isoforms of SOD gene by environmental stresses in citrus red mite, *Panonychus citri*. *Experimental and Applied Acarology*, 67(1), 49–63. <https://doi.org/10.1007/s10493-015-9930-3>
- Finaud, J., Lac, G., & Filaire, E. (2006). Oxidative stress: Relationship with exercise and training. *Sports Medicine*, 36(4), 327–358. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636040-00004>
- Flegal, K. M., Kruszon-Moran, D., Carroll, M. D., Fryar, C. D., & Ogden, C. L. (2016). Trends in obesity among adults in the United States, 2005–2014. *Journal of the American Medical Association*, 315(21), 2284–2291. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.6458>
- Fuentes, S., Daviu, N., Gagliano, H., Garrido, P., Zelena, D., Monasterio, N., Armario, A., & Nadal, R. (2014). Sex-dependent effects of an early life treatment in rats that increases maternal care: Vulnerability or resilience? *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 8, 56. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2014.00056>
- Gaidica, M., & Dantzer, B. (2020). Quantifying the autonomic response to stressors—One way to expand the definition of “stress” in animals. *Integrative and Comparative Biology*, 60(1), 113–125. <https://doi.org/10.1093/icb/icaa009>
- Gao, X., Cao, Q., Cheng, Y., Zhao, D., Wang, Z., Yang, H., Wu, Q., You, L., Wang, Y., Lin, Y., Li, X., Wang, Y., Bian, J. S., Sun, D., Kong, L., Birnbaumer, L., & Yang, Y. (2018). Chronic stress promotes colitis

- Hadar, R., Edemann-Callesen, H., Hlusicka, E. B., Wieske, F., Vogel, M., Günther, L., Vollmayr, B., Hellweg, R., Heinz, A., Garthe, A., & Winter, C. (2019). Recurrent stress across life may improve cognitive performance in individual rats, suggesting the induction of resilience. *Translational Psychiatry*, *9*(1), 185. <https://doi.org/10.1038/s41398-019-0523-5>
- Han, W., Zheng, Y., Wang, L., & An, C. (2023). Disordered gut microbiota and changes in short-chain fatty acids and inflammatory processes in stress-vulnerable mice. *Journal of Neuroimmunology*, *383*, 578172. <https://doi.org/10.1016/j.jneuroim.2023.578172>
- Haverbeke, A., Diederich, C., Depiereux, E., & Giffroy, J. M. (2008). Cortisol and behavioral responses of working dogs to environmental challenges. *Physiology & Behavior*, *93*(1–2), 59–67. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.07.014>
- He, F., Li, J., Liu, Z., Chuang, C. C., Yang, W., & Zuo, L. (2016). Redox mechanism of reactive oxygen species in exercise. *Frontiers in Physiology*, *7*, 486. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00486>
- Heisler, J. M., Morales, J., Donegan, J. J., Jett, J. D., Redus, L., & O'Connor, J. C. (2015). The attentional set shifting task: A measure of cognitive flexibility in mice. *Journal of Visualized Experiments*, *96*, e51944. <https://doi.org/10.3791/51944>
- Herzig, S., & Shaw, R. J. (2018). AMPK: Guardian of metabolism and mitochondrial homeostasis. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, *19*(2), 121–135. <https://doi.org/10.1038/nrm.2017.95>
- Horváth, Z., Igyártó, B. Z., Magyar, A., & Miklósi, Á. (2007). Three different coping styles in police dogs exposed to a short-term challenge. *Hormones and Behavior*, *52*(5), 621–630. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2007.08.001>
- Hosey, G., & Melfi, V. (2018). *Anthrozoology: Human–animal interactions in domesticated and wild animals*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198753629.001.0001>
- Hwangbo, D. S., Lee, H. Y., Abozaid, L. S., & Min, K. J. (2020). Mechanisms of lifespan regulation by calorie restriction and intermittent fasting in model organisms. *Nutrients*, *12*(4), 1194. <https://doi.org/10.3390/nu12041194>
- Jankord, R., & Herman, J. P. (2008). Limbic regulation of hypothalamo–pituitary–adrenocortical function during acute and chronic stress. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1148*(1), 64–73. <https://doi.org/10.1196/annals.1410.012>
- Jian, W., Duangjinda, M., Vajrabukka, C., & Katawatin, S. (2014). Differences of skin morphology in *Bos indicus*, *Bos taurus*, and their crossbreds. *International Journal of Biometeorology*, *58*(6), 1087–1094. <https://doi.org/10.1007/s00484-013-0700-9>
- Jian, W., Ke, Y., & Cheng, L. (2015). Physiological responses and lactation to cutaneous evaporative heat loss in *Bos indicus*, *Bos taurus*, and their crossbreds. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *28*(11), 1558–1565. <https://doi.org/10.5713/ajas.14.0526>
- Jurkovich, V., Hejel, P., & Kovács, L. (2024). A review of the effects of stress on dairy cattle behaviour. *Animals*, *14*(14), 2038. <https://doi.org/10.3390/ani14142038>

- by disturbing the gut microbiota and triggering immune system response. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(13), E2960–E2969. <https://doi.org/10.1073/pnas.1720696115>
- García-Pinillos, R., Appleby, M. C., Manteca, X., Scott-Park, F., Smith, C., & Velarde, A. (2016). One Welfare—A platform for improving human and animal welfare. *Veterinary Record*, 179(16), 412–413. <https://doi.org/10.1136/vr.i5470>
- Giannetto, A., Maisano, M., Cappello, T., Oliva, S., Parrino, V., Natalotto, A., De Marco, G., & Fasulo, S. (2017). Effects of oxygen availability on oxidative stress biomarkers in the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Marine Biotechnology*, 19(6), 614–626. <https://doi.org/10.1007/s10126-017-9780-6>
- Giraud-Billoud, M., Rivera-Ingraham, G. A., Moreira, D. C., Burmester, T., Castro-Vazquez, A., Carvajalino-Fernández, J. M., Dafre, A., Niu, C., Tremblay, N., Paital, B., Rosa, R., Storey, J. M., Vega, I. A., Zhang, W., Yepiz-Plascencia, G., Zenteno-Savin, T., Storey, K. B., & Hermes-Lima, M. (2019). Twenty years of the “Preparation for Oxidative Stress” (POS) theory: Ecophysiological advantages and molecular strategies. *Comparative Biochemistry and Physiology A: Molecular & Integrative Physiology*, 234, 36–49. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2019.04.004>
- Gootwine, E. (2011). Mini review: Breeding Awassi and Assaf sheep for diverse management conditions. *Tropical Animal Health and Production*, 43(7), 1289–1296. <https://doi.org/10.1007/s11250-011-9852-y>
- Grandin, T. (2019). *Improving animal welfare: A practical approach* (2nd ed.). CABI.
- Grandin, T., & Deesing, M. J. (2020). *Genetics and the behavior of domestic animals* (2nd ed.). Academic Press.
- Grobman, J., Leisman, G., Shemesh, A., Sarkaki, A., Valentine, C., Mitcheltree, H., Sjövall, I. A. K., & Khalil, M. H. (2025). Architecturally mediated allostasis and neurosustainability: A proposed theoretical framework for the impact of the built environment on neurocognitive health. *Brain Sciences*, 15(2), 201. <https://doi.org/10.3390/brainsci15020201>
- Gross-Ochoa, V. Y., Monet-Álvarez, D. E., Rivero-Oliva, J. C., & Álvarez-Cortés, J. T. (2022). Alostasis, una respuesta ante el estrés. *Revista Cubana de Reumatología*, 24(4), e314.
- Grzelak, A. K., Davis, D. J., Caraker, S. M., Crim, M. J., Spitsbergen, J. M., & Wiedmeyer, C. E. (2017). Stress leukogram induced by acute and chronic stress in zebrafish (*Danio rerio*). *Comparative Medicine*, 67(3), 263–271.
- Guedes, R. N. C., Rix, R. R., & Cutler, G. C. (2022). Pesticide-induced hormesis in arthropods: Towards biological systems. *Current Opinion in Toxicology*, 29, 43–50. <https://doi.org/10.1016/j.cotox.2022.02.001>
- Gwinn, D. M., Shackelford, D. B., Egan, D. F., Mihaylova, M. M., Mery, A., Vasquez, D. S., Turk, B. E., & Shaw, R. J. (2008). AMPK phosphorylation of raptor mediates a metabolic checkpoint. *Molecular Cell*, 30(2), 214–226. <https://doi.org/10.1016/j.molcel.2008.03.003>
- Hacioglu, G., Senturk, A., Ince, I., & Alver, A. (2016). Assessment of oxidative stress parameters of brain-derived neurotrophic factor heterozygous mice in acute stress model. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, 19(4), 388–394.

- Karaer, M. C., Čebulj-Kadunc, N., & Snoj, T. (2023). Stress in wildlife: Comparison of the stress response among domestic, captive, and free-ranging animals. *Frontiers in Veterinary Science*, *10*, 1167016. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1167016>
- Kasprzak, A. (2021). Insulin-like growth factor 1 (IGF-1) signaling in glucose metabolism in colorectal cancer. *International Journal of Molecular Sciences*, *22*(12), 6434. <https://doi.org/10.3390/ijms22126434>
- Kennedy, L., & Parker, S. H. (2019). Biofeedback as a stress management tool: A systematic review. *Cognition, Technology & Work*, *21*(2), 161–190. <https://doi.org/10.1007/s10111-018-0487-x>
- Kerr, P., Kheloui, S., Rossi, M., Désilets, M., & Juster, R. P. (2020). Allostatic load and women's brain health: A systematic review. *Frontiers in Neuroendocrinology*, *59*, 100858. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2020.100858>
- Kitchener, A. C., Van Valkenburgh, B., & Yamaguchi, N. (2010). *Felid form and function*. Oxford University Press.
- Koolhaas, J. M., Bartolomucci, A., Buwalda, B., de Boer, S. F., Flügge, G., Korte, S. M., Meerlo, P., Murison, R., Olivier, B., Palanza, P., Richter-Levin, G., Sgoifo, A., Steimer, T., Stiedl, O., van Dijk, G., Wöhr, M., & Fuchs, E. (2011). Stress revisited: A critical evaluation of the stress concept. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *35*(5), 1291–1301. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.02.003>
- Korte, S. M., Olivier, B., & Koolhaas, J. M. (2007). A new animal welfare concept based on allostasis. *Physiology & Behavior*, *92*(3), 422–428. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.10.018>
- Kuti, D., Winkler, Z., Horváth, K., Juhász, B., Szilvássy-Szabó, A., Fekete, C., Ferenczi, S., & Kovács, K. J. (2022). The metabolic stress response: Adaptation to acute-, repeated- and chronic challenges in mice. *iScience*, *25*(8), 104693. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.104693>
- Lee, H. N., Greggor, A. L., Masuda, B., & Swaisgood, R. R. (2021). Anti-predator vigilance as an indicator of the costs and benefits of supplemental feeding in newly released 'alalā (*Corvus hawaiiensis*). *Frontiers in Conservation Science*, *2*, 701490. <https://doi.org/10.3389/fcosc.2021.701490>
- Lee, J. M., Kim, T. W., Park, S. S., Han, J. H., Shin, M. S., Lim, B. V., Kim, S. H., Baek, S. S., Cho, Y. S., & Kim, K. H. (2018). Treadmill exercise improves motor function by suppressing Purkinje cell loss in Parkinson disease rats. *International Neurology Journal*, *22*(Suppl 3), S147–S155. <https://doi.org/10.5213/inj.1836226.113>
- Lengi, A. J., Stewart, J. W., Makris, M., Rhoads, M. L., & Corl, B. A. (2022). Heat stress increases mammary epithelial cells and reduces viable immune cells in milk of dairy cows. *Animals*, *12*(20), 2810. <https://doi.org/10.3390/ani12202810>
- Longo, V. D., & Mattson, M. P. (2014). Fasting: Molecular mechanisms and clinical applications. *Cell Metabolism*, *19*(2), 181–192. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2013.12.008>
- Lopes, B., Alves, J., Santos, A., & Pereira, G. D. G. (2015). Effect of a stimulating environment during the socialization period on the performance of adult police working dogs. *Journal of Veterinary Behavior*, *10*(3), 199–203. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2015.01.002>

- López-Martínez, G., Carpenter, J. E., Hight, S. D., & Hahn, D. A. (2016). Anoxia-conditioning hormesis alters the relationship between irradiation doses for survival and sterility in the cactus moth, *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae). *Florida Entomologist*, 99(Special Issue 1), 95–104. <https://doi.org/10.1653/024.099.sp113>
- López Diazguerrero, N. E., González Puertos, V. Y., Hernández Bautista, R. J., Alarcón Aguilar, A., Luna López, A., & Königsberg Fainstein, M. (2013). Hormesis: Lo que no mata, fortalece. *Gaceta Médica de México*, 149(4), 438–447.
- Louilot, A., Le Moal, M., & Simon, H. (1986). Differential reactivity of dopaminergic neurons in the nucleus accumbens in response to different behavioral situations: An in vivo voltammetric study in freely moving rats. *Brain Research*, 397(2), 395–400. [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(86\)90646-3](https://doi.org/10.1016/0006-8993(86)90646-3)
- Lushchak, O., Gospodaryov, D., Strilbytska, O., & Bayliak, M. (2023). Changing ROS, NAD and AMP: A path to longevity via mitochondrial therapeutics. *Advances in Protein Chemistry and Structural Biology*, 136, 157–196. <https://doi.org/10.1016/bs.apcsb.2023.03.005>
- Macrì, S., Granstrem, O., Shumilina, M., Antunes Gomes dos Santos, F. J., Berry, A., Saso, L., & Laviola, G. (2009). Resilience and vulnerability are dose-dependently related to neonatal stressors in mice. *Hormones and Behavior*, 56(4), 391–398. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2009.07.006>
- Maestripieri, D., & Hoffman, C. L. (2011). Chronic stress, allostatic load, and aging in nonhuman primates. *Development and Psychopathology*, 23(4), 1187–1195. <https://doi.org/10.1017/S0954579411000551>
- Mahgoub, O., Kadim, I. T., Al-Dhahab, A., Bello, R. B., Al-Amri, I. S., Ambu Ali, A. A., & Khalaf, S. (2010). An assessment of Omani native sheep fiber production and quality characteristics. *Journal of Agricultural and Marine Sciences*, 15, 9–14. <https://doi.org/10.24200/jams.vol15iss0pp9-14>
- Maier, S. F., & Watkins, L. R. (2010). Role of the medial prefrontal cortex in coping and resilience. *Brain Research*, 1355, 52–60. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2010.08.039>
- Majewski, H., Alade, P. I., & Rand, M. J. (1986). Adrenaline and stress-induced increases in blood pressure in rats. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 13(4), 283–288. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1681.1986.tb00349.x>
- Makara, G. B., Mergl, Z., & Zelena, D. (2004). The role of vasopressin in hypothalamo–pituitary–adrenal axis activation during stress: An assessment of the evidence. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1018(1), 151–161. <https://doi.org/10.1196/annals.1296.018>
- Mancini, G. F., Marchetta, E., Pignani, I., Trezza, V., & Campolongo, P. (2021). Social defeat stress during early adolescence confers resilience against a single episode of prolonged stress in adult rats. *Cells*, 10(2), 360. <https://doi.org/10.3390/cells10020360>
- Mariotti, A. (2015). The effects of chronic stress on health: New insights into the molecular mechanisms of brain–body communication. *Future Science OA*, 1(3), FSO23. <https://doi.org/10.4155/fso.15.21>
- Martinez, V., Duran, E. M. I., Kimmitt, A. A., Russell, K. E., Heatley, J. J., & Grace, J. K. (2024). Chronic stress increases adaptive immune response over six weeks in the house sparrow, *Passer domesticus*. *General and Comparative Endocrinology*, 358, 114612. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2024.114612>

- Mattson, M. P. (2008). Hormesis defined. *Ageing Research Reviews*, 7(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2007.08.007>
- Mattson, M. P., & Calabrese, E. J. (2010). *Hormesis: A revolution in biology, toxicology and medicine*. Humana Press. <https://doi.org/10.1007/978-1-60761-495-1>
- Mattson, M. P., & Leak, R. K. (2024). The hormesis principle of neuroplasticity and neuroprotection. *Cell Metabolism*, 36(2), 315–337. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2023.12.022>
- McEwen, B. S. (1998). Protective and damaging effects of stress mediators. *The New England Journal of Medicine*, 338(3), 171–179. <https://doi.org/10.1056/NEJM199801153380307>
- McEwen, B. S. (2003). Mood disorders and allostatic load. *Biological Psychiatry*, 54(3), 200–207. [https://doi.org/10.1016/S0006-3223\(03\)00177-X](https://doi.org/10.1016/S0006-3223(03)00177-X)
- McEwen, B. S. (2017). Stress: Homeostasis, rheostasis, reactive scope, allostasis and allostatic load. In *The curated reference collection in neuroscience and behavioral psychology* (pp. 557–561). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809324-5.02867-4>
- McEwen, B. S., Gray, J. D., & Nasca, C. (2015). Recognizing resilience: Learning from the effects of stress on the brain. *Neurobiology of Stress*, 1, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ynstr.2014.09.001>
- McEwen, B. S., & Stellar, E. (1993). Stress and the individual: Mechanisms leading to disease. *Archives of Internal Medicine*, 153(18), 2093–2101. <https://doi.org/10.1001/archinte.153.18.2093>
- McManus, C., Paludo, G. R., Louvandini, H., Gugel, R., Sasaki, L. C. B., & Paiva, S. R. (2009). Heat tolerance in Brazilian sheep: Physiological and blood parameters. *Tropical Animal Health and Production*, 41(1), 95–101. <https://doi.org/10.1007/s11250-008-9162-1>
- Meek, L. R., Dittel, P. L., Sheehan, M. C., Chan, J. Y., & Kjolhaug, S. R. (2001). Effects of stress during pregnancy on maternal behavior in mice. *Physiology & Behavior*, 72(4), 473–479. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(00\)00431-5](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(00)00431-5)
- Moberg, G. P. (2000). Biological response to stress: Implications for animal welfare. En G. P. Moberg & J. A. Mench (Eds.), *The biology of animal stress: Basic principles and implications for animal welfare* (pp. 1–22). CABI.
- Mota-Rojas, D., Miranda-Cortés, A., Casas-Alvarado, A., Mora-Medina, P., Boscato-Funes, L., & Hernández-Ávalos, I. (2021). Neurobiología y modulación de la hipertermia inducida por estrés agudo y fiebre en animales. *Abanico Veterinario*, 11, 1–17. <https://doi.org/10.21929/abavet2021.11>
- Mota-Rojas, D., Bienboire-Frosini, C., Marcet-Rius, M., Domínguez-Oliva, A., Mora-Medina, P., Lezama-García, K., & Orihuela, A. (2022). Mother–young bond in non-human mammals: Neonatal communication pathways and neurobiological basis. *Frontiers in Psychology*, 13, 1064444. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1064444>
- Mota-Rojas, D., Whittaker, A. L., Orihuela, A., Ghezzi, M., Martínez-Burnes, J., Napolitano, F., Lezama-García, K., & Strappini, A. C. (2024a). Clasificación del dolor: Diferencias entre dolor agudo y crónico. En D. Mota-Rojas (Ed.), *Bases científicas del reconocimiento y manejo del dolor en medicina veterinaria* (pp. 85–116). BM Editores.

- Mota-Rojas, D., Orihuela, A., Ghezzi, M., Strappini, A. C., Martínez-Burnes, J., Napolitano, F., & Whittaker, A. M. (2024b). Neurobiología del dolor, bases fisiológicas y anatómicas en mamíferos. En D. Mota-Rojas (Ed.), *Bases científicas del reconocimiento y manejo del dolor en medicina veterinaria* (pp. 53–82). BM Editores.
- Mu, M. D., Geng, H. Y., Rong, K. L., Peng, R. C., Wang, S. T., Geng, L. T., Qian, Z. M., Yung, W. H., & Ke, Y. (2020). A limbic circuitry involved in emotional stress-induced grooming. *Nature Communications*, *11*, 2261. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16203-x>
- Negro, S., Bartolomé, E., Molina, A., Solé, M., Gómez, M. D., & Valera, M. (2018). Stress level effects on sport performance during trotting races in Spanish Trotter horses. *Research in Veterinary Science*, *118*, 86–90. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2018.01.017>
- Ng, A., Tam, W. W., Zhang, M. W., Ho, C. S., Husain, S. F., McIntyre, R. S., & Ho, R. C. (2018). IL-1 β , IL-6, TNF- α and CRP in elderly patients with depression or Alzheimer's disease: Systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*, *8*, 12050. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-30487-6>
- Nikinmaa, M. (2013). Climate change and ocean acidification—Interactions with aquatic toxicology. *Aquatic Toxicology*, *126*, 365–372. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2012.09.006>
- Nokelainen, O., Brito, J. C., Scott-Samuel, N. E., Valkonen, J. K., & Boratyński, Z. (2020). Camouflage accuracy in Sahara–Sahel desert rodents. *Journal of Animal Ecology*, *89*(7), 1658–1669. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13225>
- Norry, F. M., & Loeschcke, V. R. (2002). Longevity and resistance to cold stress in cold-stress selected lines and their controls in *Drosophila melanogaster*. *Journal of Evolutionary Biology*, *15*(5), 775–783. <https://doi.org/10.1046/j.1420-9101.2002.00438.x>
- Numa, C., Nagai, H., Taniguchi, M., Nagai, M., Shinohara, R., & Furuyashiki, T. (2019). Social defeat stress-specific increase in c-Fos expression in the extended amygdala in mice: Involvement of dopamine D1 receptor in the medial prefrontal cortex. *Scientific Reports*, *9*, 16670. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52997-7>
- Oesterwind, S., Nürnberg, G., Puppe, B., & Langbein, J. (2016). Impact of structural and cognitive enrichment on the learning performance, behavior and physiology of dwarf goats (*Capra aegagrus hircus*). *Applied Animal Behaviour Science*, *177*, 34–41. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2016.01.006>
- Orihuela, A., Bienboire-Frosini, C., Strappini, A. C., Gómez, J., Domínguez, A., Falcón, I., Castellón, A., & Mota-Rojas, D. (2024). Evolución de la conducta en animales no humanos: Adaptación versus habituación. En D. Mota-Rojas, A. Velarde, A. Strappini, A. Orihuela, & M. Ghezzi (Eds.), *Bases científicas del reconocimiento y manejo del dolor en medicina veterinaria* (pp. 187–220). BM Editores.
- Orso, R., Wearick-Silva, L. E., Creutzberg, K. C., Centeno-Silva, A., Glusman Roithmann, L., Pazzin, R., Tractenberg, S. G., Benetti, F., & Grassi-Oliveira, R. (2018). Maternal behavior of the mouse dam toward pups: Implications for maternal separation model of early life stress. *Stress*, *21*(1), 19–27. <https://doi.org/10.1080/10253890.2017.1389883>

- Pal, M. M. (2021). Glutamate: The master neurotransmitter and its implications in chronic stress and mood disorders. *Frontiers in Human Neuroscience*, *15*, 722323. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.722323>
- Passantino, A., Quartarone, V., Pediliggeri, M. C., Rizzo, M., & Piccione, G. (2014). Possible application of oxidative stress parameters for the evaluation of animal welfare in sheltered dogs subjected to different environmental and health conditions. *Journal of Veterinary Behavior*, *9*(6), 290–294. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2014.06.009>
- Pastore, C., Pirrone, F., Balzarotti, F., Faustini, M., Pierantoni, L., & Albertini, M. (2011). Evaluation of physiological and behavioral stress-dependent parameters in agility dogs. *Journal of Veterinary Behavior*, *6*(3), 188–194. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2011.01.001>
- Patel, S., Alvarez-Guaita, A., Melvin, A., Rimmington, D., Dattilo, A., Miedzybrodzka, E. L., ... O’Rahilly, S. (2019). GDF15 provides an endocrine signal of nutritional stress in mice and humans. *Cell Metabolism*, *29*(3), 707–718. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2018.12.016>
- Pavithra, A. C., & Sivakumar, V. J. (2021). Impact of eustress on work–life balance: An analysis on public sector bank employees in South India. *Asia-Pacific Journal of Management Research and Innovation*, *16*(3), 196–209. <https://doi.org/10.1177/2319510X21994045>
- Pérez Davison, G., Restrepo Manrique, R., & Martínez Sánchez, G. (2009). Hormesis: Antecedentes e implicaciones en los sistemas biológicos. *Latin American Journal of Pharmacy*, *28*(6), 954–960.
- Pizzino, G., Irrera, N., Cucinotta, M., Pallio, G., Mannino, F., Arcoraci, V., Squadrito, F., Altavilla, D., & Bitto, A. (2017). Oxidative stress: Harms and benefits for human health. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, *2017*, 8416763. <https://doi.org/10.1155/2017/8416763>
- Polsky, L., & von Keyserlingk, M. A. G. (2017). Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science*, *100*(11), 8645–8657. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12651>
- Poppe, M., Mulder, H. A., & Veerkamp, R. F. (2021). Validation of resilience indicators by estimating genetic correlations among daughter groups and with yield responses to a heat wave and disturbances at herd level. *Journal of Dairy Science*, *104*(7), 8094–8106. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19817>
- Proudfoot, K., & Habing, G. (2015). Social stress as a cause of diseases in farm animals: Current knowledge and future directions. *The Veterinary Journal*, *206*(1), 15–21. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.05.024>
- Rafie, F., Shahbazi, M., Sheikh, M., Naghdi, N., & Sheibani, V. (2017). Effects of voluntary exercise on motor function in Parkinson’s disease model of rats. *Annals of Applied Sport Science*, *5*(2), 81–86. <https://doi.org/10.18869/acadpub.aassjournal.5.2.81>
- Reis-Silva, T. M., Sandini, T. M., Calefi, A. S., Orlando, B. C. G., Moreira, N., Lima, A. P. N., Florio, J. C., Queiroz-Hazarbassanov, N. G. T., & Bernardi, M. M. (2019). Stress resilience evidenced by grooming behaviour and dopamine levels in male mice selected for high and low immobility using the tail suspension test. *European Journal of Neuroscience*, *50*(6), 2942–2954. <https://doi.org/10.1111/ejn.14409>
- Riebe, C. J., & Wotjak, C. T. (2011). Endocannabinoids and stress. *Stress*, *14*(4), 384–397. <https://doi.org/10.3109/10253890.2011.586753>

- Rix, R. R., Guedes, R. N. C., & Cutler, G. C. (2022). Contaminant-induced hormesis in animals. *Current Opinion in Toxicology*, *30*, 100336. <https://doi.org/10.1016/j.cotox.2022.02.009>
- Robison, L. S., Popescu, D. L., Anderson, M. E., Francis, N., Hatfield, J., Sullivan, J. K., Beigelman, S. I., Xu, F., Anderson, B. J., Van Nostrand, W. E., & Robinson, J. K. (2019). Long-term voluntary wheel running does not alter vascular amyloid burden but reduces neuroinflammation in the Tg-SwDI mouse model of cerebral amyloid angiopathy. *Journal of Neuroinflammation*, *16*, 144. <https://doi.org/10.1186/s12974-019-1534-0>
- Rohleder, N. (2019). Stress and inflammation—The need to address the gap in the transition between acute and chronic stress effects. *Psychoneuroendocrinology*, *105*, 164–171. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2019.02.021>
- Santarelli, S., Zimmermann, C., Kalideris, G., Lesuis, S. L., Arloth, J., Uribe, A., Dournes, C., Balsevich, G., Hartmann, J., Masana, M., Binder, E. B., Spengler, D., & Schmidt, M. V. (2017). An adverse early life environment can enhance stress resilience in adulthood. *Psychoneuroendocrinology*, *78*, 213–221. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2017.01.021>
- Sarfi, M., Elahdadi Salmani, M., Lashkarbolouki, T., & Goudarzi, I. (2025). Modulation of noradrenergic signalling reverses stress-induced changes in the hippocampus: Involvement of orexinergic systems. *Brain Research*, *1851*, 149491. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2025.149491>
- Sargin, D. (2019). The role of the orexin system in stress response. *Neuropharmacology*, *154*, 68–78. <https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2018.09.034>
- Schoenfeld, B. J. (2013). Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. *Sports Medicine*, *43*(3), 179–194. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0017-1>
- Schouten, W. G., & Wiefant, V. M. (1997). Individual response to acute and chronic stress in pigs. *Acta Physiologica Scandinavica*, *640*, 88–91.
- Schulkin, J., & Sterling, P. (2019). Allostasis: A brain-centered, predictive mode of physiological regulation. *Trends in Neurosciences*, *42*(10), 740–752. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2019.07.010>
- Seeley, K. E., Proudfoot, K. L., & Edes, A. N. (2022). The application of allostasis and allostatic load in animal species: A scoping review. *PLOS ONE*, *17*(8), e0273838. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0273838>
- Seeley, K. E., Proudfoot, K. L., Wolfe, B., & Crews, D. E. (2021). Assessing allostatic load in ring-tailed lemurs (*Lemur catta*). *Animals*, *11*(11), 3074. <https://doi.org/10.3390/ani11113074>
- Seibenhener, M. L., & Wooten, M. C. (2015). Use of the open field maze to measure locomotor and anxiety-like behavior in mice. *Journal of Visualized Experiments*, *96*, e52434. <https://doi.org/10.3791/52434>
- Sejian, V., Bhatta, R., Gaughan, J. B., Dunshea, F. R., & Lacetera, N. (2018). Review: Adaptation of animals to heat stress. *Animal*, *12*(S2), s431–s444. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001945>
- Selye, H. (1978). *The stress of life*. McGraw-Hill.

- Selye, H. (1998). A syndrome produced by diverse nocuous agents. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 10(2), 230–231. <https://doi.org/10.1176/jnp.10.2.230a>
- Shi, M., Liu, C., Qin, Y., Yv, L., & Lu, W. (2024). $\alpha 1$ and $\beta 3$ adrenergic receptor-mediated excitatory effects of adrenaline on the caudal neurosecretory system (CNSS) in olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *General and Comparative Endocrinology*, 349, 114468. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2024.114468>
- Singh, R., Lakhanpal, D., Kumar, S., Sharma, S., Kataria, H., Kaur, M., & Kaur, G. (2012). Late-onset intermittent fasting dietary restriction as a potential intervention to retard age-associated brain function impairments in male rats. *Age*, 34(4), 917–933. <https://doi.org/10.1007/s11357-011-9289-2>
- Sippel, L. M., Allington, C. E., Pietrzak, R. H., Harpaz-Rotem, I., Mayes, L. C., & Olf, M. (2017). Oxytocin and stress-related disorders: Neurobiological mechanisms and treatment opportunities. *Chronic Stress*, 1, 2470547016687996. <https://doi.org/10.1177/2470547016687996>
- Smail, M. A., Smith, B. L., Nawreen, N., & Herman, J. P. (2020). Differential impact of stress and environmental enrichment on corticolimbic circuits. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 197, 172993. <https://doi.org/10.1016/j.pbb.2020.172993>
- Špinková, M., & Wemelsfelder, F. (2018). Environmental challenge and animal agency. En M. C. Appleby, I. A. S. Olsson, & F. Galindo (Eds.), *Animal welfare* (2a ed., pp. 39–55). CAB International.
- Stankowich, T., & Coss, R. G. (2007). The re-emergence of felid camouflage with the decay of predator recognition in deer under relaxed selection. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1607), 175–182. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3716>
- Strilbytska, O., Klishch, S., Storey, K. B., Koliada, A., & Lushchak, O. (2024). Intermittent fasting and longevity: From animal models to implication for humans. *Ageing Research Reviews*, 96, 102274. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2024.102274>
- Suo, L., Zhao, L., Si, J., Liu, J., Zhu, W., Chai, B., Zhang, Y., Feng, J., Ding, Z., Luo, Y., Shi, H., Shi, J., & Lu, L. (2013). Predictable chronic mild stress in adolescence increases resilience in adulthood. *Neuropsychopharmacology*, 38(8), 1387–1400. <https://doi.org/10.1038/npp.2013.67>
- Suraci, J. P., Clinchy, M., Dill, L. M., Roberts, D., & Zanette, L. Y. (2016). Fear of large carnivores causes a trophic cascade. *Nature Communications*, 7(1), 1–7. <https://doi.org/10.1155/2017/8416763>
- Szwed, A., Kim, E., & Jacinto, E. (2021). Regulation and metabolic functions of mTORC1 and mTORC2. *Physiological Reviews*, 101(3), 1371–1426. <https://doi.org/10.1152/physrev.00026.2020>
- Tadich, T., Lecorps, B., Oyarzún, J., Luna, D., Philp, V., & Guzm, S. (2025). Social learning during human–animal interaction: Effects on broiler chickens’ behavior. *Applied Animal Behaviour Science*, 285, 106586. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2025.106586>
- Tafari, M., Sansone, L., Limana, F., Arcangeli, T., De Santis, E., Polese, M., Fini, M., & Russo, M. A. (2016). The interplay of reactive oxygen species, hypoxia, inflammation, and sirtuins in cancer initiation and progression. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2016, 3907147. <https://doi.org/10.1155/2016/3907147>

- Tamagno, E., Guglielmotto, M., Vasciaveo, V., & Tabaton, M. (2021). Oxidative stress and beta amyloid in Alzheimer's disease: Which comes first, the chicken or the egg? *Antioxidants*, *10*(9), 1479. <https://doi.org/10.3390/antiox10091479>
- Thompson, R. (2001). Habituation. En N. J. Smelser & P. B. Baltes (Eds.), *International encyclopedia of the social and behavioral sciences* (pp. 6458–6462). Pergamon.
- Toader, C., Serban, M., Munteanu, O., Covache-Busuioc, R.-A., Enyedi, M., Ciurea, A. V., & Tataru, C. P. (2025). From synaptic plasticity to neurodegeneration: BDNF as a transformative target in medicine. *International Journal of Molecular Sciences*, *26*(9), 4271. <https://doi.org/10.3390/ijms26094271>
- Tortora, G. J., & Derrickson, B. (2013). *Principios de anatomía y fisiología*. Editorial Médica Panamericana.
- Tractenberg, S. G., Orso, R., Creutzberg, K. C., Malcon, L. M. C., Lumertz, F. S., Wearick-Silva, L. E., Viola, T. W., Riva, M. A., & Grassi-Oliveira, R. (2020). Vulnerable and resilient cognitive performance related to early life stress: The potential mediating role of dopaminergic receptors in the medial prefrontal cortex of adult mice. *International Journal of Developmental Neuroscience*, *80*(1), 13–27. <https://doi.org/10.1002/jdn.10004>
- Uchiyama, S., Yoshihara, K., Kawanabe, R., Hatada, I., Koga, K., & Tsuda, M. (2022). Stress-induced antinociception to noxious heat requires α 1A-adrenaline receptors of spinal inhibitory neurons in mice. *Molecular Brain*, *15*(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s13041-021-00895-3>
- Ulrich-Lai, Y. M., & Herman, J. P. (2009). Neural regulation of endocrine and autonomic stress responses. *Nature Reviews Neuroscience*, *10*(6), 397–409. <https://doi.org/10.1038/nrn2647>
- Umbers, K. D. L., Herberstein, M. E., & Madin, J. S. (2013). Colour in insect thermoregulation: Empirical and theoretical tests in the colour-changing grasshopper, *Kosciuscola tristis*. *Journal of Insect Physiology*, *59*(1), 81–90. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2012.10.016>
- Vaessen, T., Hernaes, D., Myin-Germeys, I., & van Amelsvoort, T. (2015). The dopaminergic response to acute stress in health and psychopathology: A systematic review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *56*, 241–251. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.07.008>
- Van Doeselaar, L., Abromeit, A., Stark, T., Menegaz, D., Ballmann, M., Mitra, S., Yang, H., Rehawi, G., Huettl, R.-E., Bordes, J., Narayan, S., Harbich, D., Deussing, J. M., Rammes, G., Czisch, M., Knauer-Arloth, J., Eder, M., Lopez, J. P., & Schmidt, M. V. (2025). FKBP51 in glutamatergic forebrain neurons promotes early life stress inoculation in female mice. *Nature Communications*, *16*(1), 2529. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-57952-x>
- Varun, A., Omprakash, A. V., Kumanan, K., Vairamuthu, S., & Karthikeyan, N. (2021). Thyroid hormones and corticosterone investigation under heat stress in native chicken. *Indian Journal of Animal Sciences*, *91*(1), 20–30. <https://doi.org/10.56093/ijans.v91i1.111079>
- Vatankhah, M., & Talebi, M. A. (2008). Genetic parameters of body weight and fat-tail measurements in lambs. *Small Ruminant Research*, *75*(1), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2007.06.012>

- Villalba, J. J., Catanese, F., Provenza, F. D., & Distel, R. A. (2012). Relationships between early experience to dietary diversity, acceptance of novel flavors, and open field behavior in sheep. *Physiology & Behavior*, *105*(2), 181–187. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2011.08.031>
- Villalba, J. J., & Manteca, X. (2019). A case for eustress in grazing animals. *Frontiers in Veterinary Science*, *6*, 303. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00303>
- Viru, A., & Viru, M. (2004). Cortisol—Essential adaptation hormone in exercise. *International Journal of Sports Medicine*, *25*(6), 461–464. <https://doi.org/10.1055/s-2004-821068>
- Waiblinger, S., Menke, C., & Coleman, G. (2002). The relationship between attitudes, personal characteristics and behaviour of stockpeople and subsequent behaviour and production of dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, *79*(3), 195–219. [https://doi.org/10.1016/s0168-1591\(02\)00155-7](https://doi.org/10.1016/s0168-1591(02)00155-7)
- Walf, A. A., & Frye, C. A. (2007). The use of the elevated plus maze as an assay of anxiety-related behavior in rodents. *Nature Protocols*, *2*(2), 322–328. <https://doi.org/10.1038/nprot.2007.44>
- Wan, Y., Liu, J., Mai, Y., Hong, Y., Jia, Z., Tian, G., Liu, Y., Liang, H., & Liu, J. (2024). Current advances and future trends of hormesis in disease. *NPJ Aging*, *10*(1), 1–19. <https://doi.org/10.1038/s41514-024-00155-3>
- Wang, B., Lian, Y. J., Su, W. J., Peng, W., Dong, X., Liu, L. L., Gong, H., Zhang, T., Jiang, C. L., & Wang, Y. X. (2018). HMGB1 mediates depressive behavior induced by chronic stress through activating the kynurenine pathway. *Brain, Behavior, and Immunity*, *72*, 51–60. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2017.11.017>
- Weiss, J. M. (1972). Influence of psychological variables on stress-induced pathology. *Ciba Foundation Symposium*, *8*, 253–365. <https://doi.org/10.1002/9780470719916.ch12>
- White, A. G., Elias, E., Orozco, A., Robinson, S. A., & Manners, M. T. (2024). Chronic stress-induced neuroinflammation: Relevance of rodent models to human disease. *International Journal of Molecular Sciences*, *25*(10), 5085. <https://doi.org/10.3390/ijms25105085>
- Witkowska-Piłaszewicz, O., Grzędzicka, J., Seń, J., Czopowicz, M., Żmigrodzka, M., Winnicka, A., Cywińska, A., & Carter, C. (2021). Stress response after race and endurance training sessions and competitions in Arabian horses. *Preventive Veterinary Medicine*, *188*, 105265. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2021.105265>
- Worku, D., Hussen, J., De Matteis, G., Schusser, B., & Alhussien, M. N. (2023). Candidate genes associated with heat stress and breeding strategies to relieve its effects in dairy cattle: A deeper insight into the genetic architecture and immune response to heat stress. *Frontiers in Veterinary Science*, *10*, 1151241. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1151241>
- Zafar, M. S., Nauman, M., Nauman, H., Nauman, S., Kabir, A., Shahid, Z., Fatima, A., & Batool, M. (2021). Impact of stress on human body: A review. *European Journal of Medical and Health Sciences*, *3*(3), 1–7. <https://doi.org/10.24018/ejmed.2021.3.3.821>

- Zhang, Y., Liu, L., Liu, Y. Z., Shen, X. L., Wu, T. Y., Zhang, T., Wang, W., Wang, Y. X., & Jiang, C. L. (2015). NLRP3 inflammasome mediates chronic mild stress-induced depression in mice via neuroinflammation. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, *18*(8), pyv006. <https://doi.org/10.1093/ijnp/pyv006>
- Zhang, H., Ding, L., Shen, T., & Peng, D. (2019). HMGB1 involved in stress-induced depression and its neuroinflammatory priming role: A systematic review. *General Psychiatry*, *32*(4), e100084. <https://doi.org/10.1136/gpsych-2019-100084>
- Zhao, L., & Begun, D. J. (2017). Genomics of parallel adaptation at two timescales in *Drosophila*. *PLOS Genetics*, *13*(10), e1007016. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1007016>
- Zhou, L., He, B., Deng, J., Pang, S., & Tang, H. (2019). Histone acetylation promotes long-lasting defense responses and longevity following early life heat stress. *PLOS Genetics*, *15*(4), e1008122. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1008122>

Producción de carne de cerdo criollo y algunas cualidades para elegir su consumo

Adelfa del Carmen García Contreras¹, Jesús Alberto Guevara González², Karla Noemí Córdoba García³, Araceli Castañeda Ovando⁴, Alondra Orozco⁵

¹ Departamento de Producción Agrícola y Animal. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. CDMX. ORCID: 0000-0003-1426-5512.

² Departamento de Producción Agrícola y Animal. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. CDMX. ORCID: 0000-0003-2368-206X.

³ Alumna de maestría en Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. CDMX. México. ORCID: 0009-0005-0904-5568.

⁴ Alumna de maestría en Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. CDMX. México. ORCID: 0000-0003-0759-3198.

⁵ Alumna de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Politécnica Francisco I Madero. Hidalgo. México. ORCID: 0009-0000-9445-6823.

* Autor de contacto. Correo electrónico: jemorab@correo.xoc.uam.mx

Resumen. La producción de cerdo criollo en México ha crecido desde principios de este milenio, sin embargo, no existen datos oficiales. La crianza del cerdo criollo ha sido mayor en el sureste mexicano y en la zona centro del país. Lo anterior, ha generado una oferta de carne que ha aumentado el consumo de la misma, y el aprecio por sus cualidades gastronómicas. Si bien el rendimiento de canal es menor a los obtenidos en cerdos comerciales (<79%), la calidad de su carne muestra superioridad, debido a mayor terneza, jugosidad, sabor y aroma. Características que están asociadas a la genética de las razas criollas, a los sistemas de producción, y a la forma de alimentar a estos cerdos.

Palabras clave: Calidad de la carne; Grasa; Sabor; Textura; Color.

Abstract. The production of Creole pigs in Mexico has grown since the beginning of this millennium; however, official data is unavailable. Creole pig farming has been most prevalent in southeastern and central Mexico. This has led to a greater supply of meat, increasing consumption and appreciation for its culinary qualities. While carcass yield is lower than that of commercial pigs (<79%), the quality of the meat is superior, characterized by greater tenderness, juiciness, flavor, and aroma. These characteristics are associated with the genetics of the Creole breeds, production systems, and the pigs' diet.

Keywords: Meat quality; Fat; Flavor; Texture; Colour.

INTRODUCCIÓN

La carne de cerdo se consume en Europa en diversos productos procesados, ya sea como carne seca, curada, cocida, en piezas enteras (p.ej., jamones curados o cocidos) o picada (salchichas, patés) (Quijano, 2007). En esta amplia variedad de productos porcinos, se observa diferente calidad, debido a su origen, a las diversas formas de produ-

cirlos, la forma de matanza, procesamiento, envasado, tiempo de distribución, estadía en los anaqueles de venta, así como la percepción de los consumidores (Labret y Candek-Potokar, 2022).

En la actualidad el cerdo ofrece la carne que más se consume en el mundo, con una participación del 42% en la dieta cárnica mundial (Consejo Mexicano de la Carne, 2025). En México, el consumo de carne de cerdo aumento a 21.8 Kg per cápita, haciendo que se posicione en el 6to lugar a nivel mundial, sin embargo, la carne que se consume en México (52%) es de importación (3tres3, 2025). Su aporte en cantidades suficientes de energía, macro y micronutrientes, y su valor proteínico, la hacen resaltar por encima de otras fuentes de origen animal (Chaline, 2014; Penkert et al., 2021).

Labret y Candek-Potokar (2022) mencionan que la cantidad de sustancias nutritivas en la carne difiere entre razas y líneas genéticas, manejo, edad, nutrición, y estado sanitario. No obstante, las cualidades cárnicas, le permiten a esta proteína ser utilizada de forma diversa en su procesamiento. Sus cualidades gastronómicas (olor, textura, jugosidad y sabor) la hacen una carne apreciada (Vicente y Pereira, 2024), a pesar de que en los últimos 70 años la estructura corporal del cerdo ha cambiado, principalmente en su contenido graso y muscular, los cuales modifican el sabor, textura e inclusive el aporte nutritivo por corte (Pandey et al., 2024).

El porcicultor ha preferido el rendimiento cárnico, que ofrecer calidad en la carne, provocando que en cerdos comerciales también llamados “mejorados”, se haya obtenido una carne “estándar”. La mercadotecnia ha cambiado la forma de apreciar un producto natural, y ha creado un consumidor poco exigente, y con gustos empañados por los atributos que dan los marinados, sazónadores y texturizadores, evitando que el consumidor identifique la falta de cualidades que la carne de cerdo comercial ofrece.

(Martínez y Zering, 2005; Pandey et al., 2024). Por lo tanto, la cantidad y el precio, le ha ganado a la calidad de carne que se consume.

Pero, existe un pequeño núcleo de consumidores que tienen un estatus social que pondera de forma favorable las cualidades cárnicas (Vicente y Pereira, 2024). Según Huerta et al. (2018) está creciendo la cultura de comer carne de calidad, pero ello depende del poder económico que tiene la gente.

Los sistemas de producción de cerdo criollo

A la porcicultura que se desarrolla bajo un sistema de baja densidad animal, en terrenos aledaños a las casas de las familias, donde la familia colabora, y utiliza formas de manejo tradicionales, se le ha menospreciado. Esta porcicultura rural, alejada de la porcicultura “moderna” ha permitido conservar cerdos que guarda las cualidades ancestrales de la carne (Rodríguez et al., 2024). De acuerdo con Hurtado et al. (2005) aproximadamente el 25 a 35% de la población total de cerdos a nivel mundial podría estar constituida de razas locales o criollas, sin embargo, esto en México no esta claro, ya que no existe un inventario nacional sobre la producción de las razas criollas mexicanas. En 2021, Ángel Hernández, mostró que una gran comunidad de cerdos criollos se localiza en las zonas tropicales de la región Golfo y Pacífico, y en la meseta central de la república mexicana (Valle del Mezquital). Esta producción ha aumentado la oferta de carne criolla, y por tanto el consumo de la misma, particularmente por la calidad de la carne que es bien apreciada gastronómicamente, a pesar de su gran producción de grasa corporal (García et al., 2021).

Los cerdos criollos de México han sido relacionados genómicamente con los cerdos ibéricos del linaje negro lampiño y del negro entrepelado (García et al., 2021), y también con subespecies asiáticas, célticas, cubanas, todas ellas con características fanerópticas distintas, como son el color oscuro, algunos de color rojizo, perfil cefálico y subcónico, orejas pequeñas hacia abajo, o erectas, pezuñas negras, abundante pelo negro o desprovistos de él. Sin embargo, estudios genómicos recientes (Castro et al., 2025) han demostrado que cerdos criollos mexicanos (Ts'üdi xirgo) tienen una relación con cerdos de Rusia, Ucrania, República Checa e inclusive Argentina (Peláez et al., 2017; García et al., 2021; Castro et al., 2025).

La capacidad de sobrevivencia, tras 500 años de existencia en nuestro país, ha sido demostrada, ya que su crianza ha sido en condiciones de bajo cuidado, e inclusive en ambientes hostiles, con instalaciones, nutrición, reproducción y salud que no se consideran adecuadas, según la visión productivista actual del sector porcino industrial, pero su adaptabilidad (“altamente resilientes”) ha logrado mantenerlos como parte de los recursos zoogenéticos de México (Ramos, 2008; Ángel, 2017). Por su parte, el bajo costo de producción, hace que al menos para autoconsumo se aprecie su crianza, potencializando el arraigo a la producción porcina rural, y la revaloración de la gastronomía local (Lemus-Flores, 2008; Ángel, 2017). Isais (2022) describió cómo desde la época de Hernán Cortés, los cerdos ayudaron a dar de comer a sus huéspedes, por lo que al pasar por diferentes regiones del país fueron dejando especímenes que lograron adaptarse y reproducirse, dando paso a los llamados cerdos criollos. También, señala que estos animales eran propiedad de los pobladores españoles y de pobladores criollos y mestizos, los cuales criaban a los cerdos en terrenos de amplia extensión, y aunque la población indígena, hoy llamada de los pueblos originarios, aprendie-

ron rápido su manejo y crianza, no tenían oportunidad de ser poseedores de estos animales.

Cuando los españoles iniciaron su avanzada hacia el interior de México, se enviaban a los cerdos primero, para producirlos y tener alimento para los soldados. Por lo tanto, los cerdos fueron omnipresentes, ya fuera por su crianza en un lugar, o por la comercialización del mismo (Saldarriaga, 2006)

Para inicios del siglo XIX, la producción de cerdos había rebasado la producción de carne bovina y ovina, y particularmente se arraigó en zonas del bajío, (Michoacán, Guanajuato, Jalisco), ya que fue importante la demanda de esta carne por la corona española localizado en la capital, hoy Guadalajara (Razmaité et al., 2024). Por ello, se incrementó la producción, trayendo en poco tiempo problemas de rechazo por parte de la sociedad colonial, ya que los cerdos habían invadido las calles y el hedor de sus excretas mostraban una imagen repugnante de este animal, por lo que se estableció que la producción de cerdos se alejara lo más posible del núcleo poblacional, y se llevara a producciones en extensivo o en su defecto se redujera un quinto la producción en la zona poblacional (Isais, 2022). A pesar de lo anterior, la población no dejó de demandar esa “sabrosa carne”, y en particular de la grasa para cocinar.

Con la llegada del ferrocarril durante el porfiriato, la demanda de carne fue mayor, y tras la revolución mexicana, y la necesidad de demostrar que los modos de producción, incluida la ganadería eran para toda la población, se logró que los campesinos tuvieran su propia zahurda o chiquero, incrementando la oferta de carne de cerdo en los mercados locales, y particularmente en las ciudades en expansión (Salgado, 2021; Isais, 2022), convirtiendo a los campesinos en los llamados “puerqueros”.

Sin embargo, los cerdos criollos que hasta hace tan solo 50 años se definían como la “alcancía” de las familias, fueron substituidos por cerdos “mejorados” (década de

los 40s), evidenciando que la forma tradicional de criar, no favorecía la producción que el nuevo comprador exigía (rendimiento, calidad, salud y ganancia), y tampoco mantenía la demanda que estaba aumentando de forma rápida, lo cual contrastaba con el hecho de que los productores pensaban que tan solo cambiando el color de los cerdos (blancos y negro), cortándoles la cola y en algunos casos muesqueando, se verían diferentes y se los comprarían a mejor precio (Ortega, 2005). Es por ello, que los sistemas de crianza cambiaron, en particular la forma de alimentarlos, ya que los residuos alimenticios de la familia (desperdicios caseros, escamocha, productos vegetales y agrícolas), no lograban desarrollar las características de rendimiento que el carnicero, o el introductor buscaba en esos cerdos “finos”. Por lo anterior, el productor familiar introdujo alimentos concentrados, y subproductos industriales, pero todo de forma desordenada y desequilibrada, lo que no logró aportar el total de nutrientes que los cerdos requerían para expresar su potencial genético, aumentando con ello la inversión empleada en la crianza, y dejándolos a expensas de los mercaderes que siempre querían pagar menos de lo que el precio en el mercado de la industria porcícola señalaba (Paredes, Vallejos y Mantilla, 2017; García et al., 2021).

El consumo de carne

Los cerdos proveyeron de proteína y energía a la población, en su momento en viajes trasatlánticos y en tierra tras su paso trashumante hacia regiones alejadas de las costas de nuestro país. Lo anterior fue una acertada decisión, y mantuvo la crianza de estos regordetes animales, siendo para mediados del siglo XIX la fuente alimenticia más buscada, tanto por su sabor, como por su versátil y fácil cocción, ya fuera en las zonas rurales,

como en las crecientes poblaciones urbanas (Ortega, 2005).

Pero cuando la población se volvió más citadina a principio del siglo XX, todo cambió, ya que la demanda de manteca aumento, y esto volvió a este coproducto más costoso, lo cual aprovechó en 1911 Procter & Gamble, lanzando CRISCO, el primer aceite vegetal hidrogenado a gran escala, promocionándolo como un producto “limpio, moderno y saludable”, señalando de forma negativa que la manteca era “sucias y costosa” (Zoe, 2019). Para mediados del siglo XX, el consumo de manteca se redujo, y se inició un proceso de desacreditación de ella (daño cardiaco y obesidad) provocando el rechazo de la población hacia la manteca (FAO, 2002; Rubio, 2017; Gutiérrez-Varas et al., 2022). Además, existieron campañas de la secretaria de salud azuzando al consumidor para evitar consumir la manteca. Asimismo, los programas de apoyo al sector pecuario del gobierno federal, fueron encaminados a la adquisición de cerdos con “genética mejorada”, para reducir la cantidad de grasa corporal, y aumentar el tejido magro (Chen Chen et al., 2021), No menos importante, fueron los mecanismos de información oficial que recomendaban la eliminación del consumo de carne de cerdo, apoyados de las guías nutricionales “Dietary Guidelines for Americans” que el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés) publicaron (Rubio y Campos, 2022). Estas recomendaciones del USDA permearon la decisión del consumidor, cambiando la manteca por los aceites trans (Verbeke y Rongduo, 2014). Lo anterior fue el parteaguas para el aumento de las ventas y consumo de aceites vegetales, lo cual, a la larga ha mostrado ser un problema asociado a la obesidad, así como a desordenes metabólicos (prediabetes y enfermedades cardiovasculares) en la población mundial (Rubio y Campos, 2022; Vicente y Pereira, 2024).

La avanzada comercial, el proyecto nacional y la desinformación sanitaria, alentaron a los genetistas porcinos a transformar el desarrollo físico de los cerdos, reduciendo los niveles de grasa corporal a niveles de 22mm en la posición P2, y aumentando el rendimiento de las masas musculares (Martínez y Zering, 2004). Para lograr lo anterior, se decidió eliminar a los cerdos criollos, y en el mejor de los casos desplazarlos a zonas rurales profundas, alejándolos de la posibilidad de acabar con ello, o de erosionarlos hasta el punto de su desaparición o transformación física (García et al., 2021; José et al., 2025). Este desplazamiento les dio a los cerdos criollos invisibilidad lo que generó que este recurso fuera casi olvidado, pero de forma positiva logrando mantener la diversidad genética de los cerdos, las cualidades cárnicas y de resiliencia (Ciobanu et al., 2011; Esmeraldas et al., 2023).

Cualidad de la carne

En cerdos criollos, sus cualidades cárnicas son atributos que destacan, los cuales están relacionados con aspectos organolépticos, idoneidad para su procesamiento, percepción que tiene el consumidor debido a la imagen que ofrece su origen ecológico, que, en la mayoría de los casos, incluyen la imagen de bienestar bajo las cuales se crían estos cerdos (Ciobanu et al., 2011; Lebret y Candek-Potokar, 2022). Esto último, corresponde a una visión nueva, ética, y responsable ambiental y culturalmente por parte del consumidor (Catá, 2021; Reis de Sousa, 2022).

Los cerdos criollos muestran canales con una proporción de carne menor (<20%), y una capa de grasa abundante (>35mm), pero su cualidad cárnica es superior (García et al., 2021; Rodríguez et al., 2024; Rosado-Aguila et al., 2022), debido a las condiciones de crianza a semilibre-

tad (Rubio et al., 2013; Rodríguez et al., 2024), lo cual estimula la actividad física y reduce el efecto de temperaturas ambientales altas, ejerciendo un efecto en el metabolismo, aumentando la actividad contráctil del músculo, y cambiando las propiedades bioquímicas de la carne (Lefaucheur y Lebret, 2020; Rodríguez et al., 2024; José et al., 2025).

Por su parte, el consumo de forraje, esquilmos agrícolas y residuos industriales, resaltan las cualidades cárnicas, pero su uso desbalanceado y suministros variables, ejercen un efecto distinto en el crecimiento de los animales, lo que no permite obtener un dato preciso de la velocidad de crecimiento (g), días a mercado, e inclusive rendimiento en canal (Rodríguez et al., 2024). Aunque Santos et al. (2011) y Córdoba-García et al. (2025), mostraron rendimientos de canal entre 61 y 79%, afirmando que el peso de matanza influye en esta variable.

La edad a la matanza en cerdos criollos suele ser mayor (40 a 255 días) (Ortiz et al., 2021), y aunque su crecimiento es lento, se aprecian sus cualidades cárnicas a pesos superiores a los de los cerdos comerciales (Lebret y Andek-Potokar, 2022). Otras condiciones que afectan las cualidades cárnicas son la manipulación *peri-mortem* (transporte, sacrificio), refrigeración de carne y condiciones de envejecimiento y modo de preparación de la carne, lo que incide en la aceptabilidad en el consumidor (Ciobanu et al., 2011; Ortiz et al., 2021; Srinivas et al., 2024).

Los aspectos organolépticos o sensoriales identifican diferencias en la carne, se observa una apariencia (color, infiltración grasa), textura (terneza, jugosidad), sabor y aroma distintas (Ciobanu et al., 2011; Rubio et al., 2017; Torrenca-Morales et al., 2020; Rodríguez et al., 2024)

Color de la carne

El color de la carne fresca se encuentra dentro de los principales atributos de calidad que influyen en la decisión de compra del consumidor (Salinas et al. 2020; Wie et al., 2021). En el caso de la carne con apariencia indeseable se redirige a procesos de manufactura en los que este atributo tiene menor relevancia (Salinas et al., 2020). Estudios realizados por Horcada y Polvillo (2010), mostraron que el color pardo suele ser motivo de rechazo (MMb*), siendo apreciada la que tiene una coloración rojo púrpura (Mioglobina=Mb*). La responsable del color de la carne depende del contenido de pigmentos, en particular el color rojo está relacionada fundamentalmente con la proteína Mb, y de su estado químico, e inclusive de la proporción del contenido graso en el tejido muscular. La Mb no circula en la sangre, pero se fija en las células del tejido y es púrpura en color (Horcada y Polvillo, 2010; Rubio et al., 2013), cuando se mezcla con oxígeno, produce un color brillante. El color restante proviene de la hemoglobina de la sangre que realmente se encuentra en pequeñas cantidades en los tejidos (Hunt et al., 2006; Rubio et al., 2013).

El color normal de la carne de cerdo fluctúa entre un rojo y rosado, esta variación en el color puede obedecer a los siguientes factores: El color más oscuro puede resultar del aumento de Oximioglobina (pigmento de color) por edad avanzada del animal; el ejercicio que hacen los animales, que ejerce en el músculo o grupo de músculos con mayor actividad (músculos flexores o extensores) (Ramos, 2008); el color también varía según la región o estructura muscular en donde el oxígeno puede obtener o tener contacto mayor (Rubio et al., 2013). Aunque, es importante identificar que esto no se deba a un estado de deshidratación, ya que puede producir variaciones en el

color (Horcada y Polvillo, 2010). Por su parte, cuando los animales son transportados por largo tiempo hacia la línea de sacrificio, y tienen un ayuno prolongado, las reservas de glucógeno muscular se agota, lo que incrementa el pH y produce una carne oscura, seca y firme (DFD por sus siglas en inglés) (Jerez-Timauro et al., 2020).

En cuanto al manejo post mortem (temperatura y tiempo de maduración), puede reducir rápidamente el pH (5.5 a 5.7) debido a la glucólisis, y a la desnaturalización de las proteínas, afectando la dispersión de la luz, resultado en carne PSE (color pálido) (Ramos, 2008; Jerez-Timauro et al., 2020).

Además, el envasado y almacenamiento produce un efecto sobre el color, ya que el oxígeno ambiental, y la exposición a la luz influyen en el estado de la mioglobina.

En la apreciación que tiene el consumidor del color de la carne también influye el grado de infiltración grasa (marmoleo) (Cuadro 1). Estudios realizados sobre el color de la carne (Brown, 1992) señalan que valores superiores al 2.5% de contenido de grasa de infiltración se relacionan con un aumento de la reflectancia de la luz y en consecuencia proporcionan un aspecto más claro a la carne (Horcada y Polvillo, 2010). En el Cuadro 2. se observan de manera general las características de color de la carne de cerdo criollo. Para el caso del cerdo criollo se considera un color más rojizo intenso, lo que se relaciona al mayor nivel de mioglobina, y una infiltración grasa superior al cerdo blanco (García et al., 2021).

Cuadro 1. Comparación de textura y color entre la carne de cerdo criollo y cerdo comercial

Característica	Cerdo criollo	Cerdo comercial
Dureza (textura)	La carne tiende a ser más tierna y jugosa. El sistema de cocción no afecta significativamente la textura de la carne	La carne puede resultar menos jugosa y más seca. No resiste altas temperaturas
Color	Suele ser más oscura que el cerdo comercial, debido a la cantidad mayor de mioglobina, además del efecto que tiene el marmoleo en la carne.	Es rosada, y por ello se considera una carne blanca
Relación Dureza-color	Una mayor jugosidad y ternura (menor dureza) están asociadas con una mayor infiltración de grasa, que a su vez se relaciona con una carne de color más oscuro y un mejor sabor	La palidez excesiva suele asociarse a una carne dura y poco jugosa.

Cuadro 2. Factores que afectan el color de la carne de cerdo

Aspecto	Color rosado-rojizo	Color pálido (PSE)	Color oscuro (DFD)	Color marrón
Descripción	Tonalidad considerada óptima, fresca y de buena calidad.	Carne que presenta una palidez anormal, con aspecto húmedo y blando.	Tonalidad más oscura de lo normal, con una textura firme y seca.	Indica que la mioglobina se ha oxidado (metamioglobina)
Causa principal	Manejo adecuado del animal y la canal, que permite un pH normal en la carne.	Estrés agudo y de corta duración antes del sacrificio, que causa un descenso rápido del pH <i>post mortem</i> .	Estrés crónico y prolongado antes del sacrificio, que agota las reservas de glucógeno y produce un pH final elevado.	Exposición prolongada al oxígeno, al calor y a la luz.
Calidad de la carne	Se considera de alta calidad, con buena jugosidad y ternura.	Baja calidad, con escasa capacidad de retención de agua y una textura desagradable.	Baja calidad, con poca jugosidad y una textura más dura.	No necesariamente indica deterioro, pero puede afectar la percepción de frescura.

Apariencia	Color rosa-grisáceo o rojizo vibrante y brillante.	Aspecto pálido, casi blanco, que puede tornarse grisáceo o verdoso al deteriorarse.	Color rojo oscuro, a veces con una apariencia mate u opaca.	Color marrón, con posible viscosidad o áreas ennegrecidas en caso de deterioro.
Importancia para el consumidor	Es el color preferido y asociado con la frescura y calidad.	A menudo es rechazado por los consumidores, quienes lo asocian con baja calidad.	Menos preferido por los consumidores, aunque no necesariamente esté en mal estado.	Si es ligero, es normal; si es intenso o con otros signos, indica deterioro.
Factores de manejo	Evitar el estrés en los cerdos, garantizar un correcto enfriamiento y control del pH post mortem.	Minimizar el estrés agudo (ruidos, choques eléctricos) antes del sacrificio.	Reducir el estrés crónico durante el transporte y manipulación.	Almacenamiento adecuado, evitar la exposición prolongada al oxígeno y a la luz.
Capacidad de retención de agua	Buena. Retiene bien su humedad, lo que contribuye a la jugosidad.	Baja. Libera agua con facilidad, lo que hace que la carne se seque al cocinarla.	Alta. Retiene el agua en exceso, lo que da una textura seca en la superficie, pero jugosa al cocinarse.	Depende de otros factores, pero el proceso oxidativo puede alterar la textura.

Textura

La textura es difícil de definir, ya que es una propiedad sensorial, en tanto que la dureza es un atributo de la textura (Ramos, 2008). La dureza de la carne suele ser apreciada por el consumidor desde el momento en que la intenta cortar, y puede ser motivo de rechazo (Cuadro 1; Cuadro 3). Rosado et al. (2022) señalan que la textura de carne de cerdo pelón mexicano es más tierna, en tanto que Escobar y Cardozo (2010), señalaron que la jugosidad le da un sabor y blandura que exalta su calidad, e invita al consumo. El conjunto de sensaciones ligadas a la textura es difícil de medir mediante técnicas instrumentales, de manera que únicamente las técnicas sensoriales servirían para valorar este complejo atributo. Algunos investigadores han intentado relacionar el análisis instrumental de la textura con el análisis sensorial (Rajalakshmi et al., 1987), y para ello se ha evaluado la

dureza, comparando al cerdo criollo con el cerdo blanco comercial, y observando que tiene una menor presión, identificando con ello una blandura mayor en cerdo pelón mexicano (0.038 vs 0.043 Kg/seg) (Ballina y Chablé, 2024). Por su parte Razmaité et al. (2024) mostraron que los cerdos lituanos nativos tuvieron una textura relacionada con una menor dureza, a la que presentan los cerdos comerciales, e inclusive cerdos híbridos de cerdos Large White y lituano nativos ($P < 0.001$), logrando que el consumidor acepte de mejor manera la carne proveniente de los lituanos nativos, que mostraron mayor jugosidad ($P < 0.001$). Córdoba-García et al. (2025), mostró que la carne de Ts'üdi xirgo, tenía una dureza menor a razas comerciales e inclusive al lampiño criollo de México (5.3 vs 15.3 Kgf; $P < 0.005$), también observó que la humedad de la carne mostraba (Capacidad de retención de agua) valores de 63.45%, siendo superiores a los mostrados por otras razas criollas (lampiño tropical 59.8%) (Sánchez, 2018).

Cuadro 3. Clasificación de textura de la carne de cerdo criollo

Clasificación	Tipo		Aspecto
1	Muy suave y humedad	Músculo de textura abierta	Acumulación de fluido en la superficie +++
2	Suave y húmeda	Músculo de textura abierta	Acumulación de fluido en la superficie ++
3	Poco firme y jugosa	Músculo de textura abierta	Se aprecia mínimamente +
4	Firme y moderadamente seca	Músculo de textura abierta	Es imperceptible
5	Muy firme y seca	Estructura rígida y cerrada	Sin fluidos en la superficie

Fuente: Eusse, 2009.

Sabor de la carne

El sabor característico de la carne de cerdo es resultado de una compleja interacción de factores. La percepción conjunta de sabor y aroma se origina durante la cocción, ya que las elevadas temperaturas promueven diversas reacciones químicas, como la oxidación lipídica, las reacciones de Maillard y la degradación de aminoácidos. Estos procesos generan los compuestos volátiles responsables del aroma y sabor (Arihara et al., 2019; Geng et al., 2023).

Diversos elementos contribuyen al sabor de la carne, entre los que se incluyen la genética, la alimentación, el sistema de producción, la edad del animal al sacrificio y su sexo (Escobar y Cardoso, 2010; Linares et al., 2011). El cerdo criollo, en particular, posee un sabor más intenso que el cerdo comercial (Huang et al., 2025), esta diferencia se atribuye a una mayor cantidad de capa grasa y a la infiltración muscular, que potencian el sabor.

Además, la calidad de la grasa y su estado de oxidación son determinantes para el perfil de sabor. Una

oxidación moderada puede producir un sabor deseable que estimula el consumo (Coma et al., 1999; Wang et al., 2023). En este sentido, Huang et al. (2025) demostraron que los cerdos criollos tienen una mayor concentración de vitamina E, lo que les confiere una capacidad antioxidante superior para controlar la oxidación de la grasa y, así, producir un sabor más apreciado por los consumidores.

De manera similar, Wang et al. (2023) concluyeron que el grado de insaturación lipídica y el contenido de ácidos grasos libres en la carne de cerdo influyen en la formación de sabores distintivos.

No obstante, es importante sistematizar el registro de los cerdos criollos, para tener el inventario real de este recurso zoogenético, y existe una gran necesidad de estudiar los niveles nutricionales que requieren estos animales, para obtener el potencial real de crecimiento de estos cerdos.

CONCLUSIONES

La producción de cerdo criollo va en aumento, gracias a su introducción en mercados especializados de alta cocina. Las cualidades cárnicas son distintas a las del cerdo comercial, debido a una cantidad mayor de infiltración grasa y aun sabor y textura más apreciada por los consumidores.

BIBLIOGRAFÍA

- Ángel, H. A. (2017). *Sistema de producción y características fenotípicas del cerdo pelón mexicano en la península de Yucatán* [Tesis de maestría, Instituto Tecnológico de Conkal]. https://conkal.tecnm.mx/images/POSGRADO_NEW/REPOSITORIO%20INSTITUCIONAL%20DE%20TESIS%20Y%20TRABAJO%20TERMINAL/2015-2017_Arturo%20Angel%20Hern%C3%A1ndez.pdf
- Ángel-Hernández, A., García-Munguía, C., García-Munguía, A., Valencia-Posadas, M., Hernández-Ruíz, J. y Velázquez-Madrado, P. (2021). Tipificación y caracterización del sistema de producción del cerdo criollo de la región centro, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(II), e2777.
- Arihara, K., Yokoyama, I. y Ohata, M. (2019). DMHF (2,5-dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone), a volatile food component with attractive sensory properties, brings physiological functions through inhalation. *Advances in Food and Nutrition Research*, 89, 239–258. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2019.03.005>
- Ballina, J. y Chablé, J. (2024). *Residuos orgánicos vegetales en la dieta de cerdo criollo y su efecto en la evaluación sensorial de la canal* [Tesis de ingeniería, Tecnológico Nacional de México]. <https://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/Residuos%20org%C3%83%C2%A1nicos%20vegetales%20en%20la%20dieta%20de%20cerdo%20criollo%20y%20su%20efecto%20en%20la%20evaluaci%C3%83%C2%B3n%20sensorial%20de%20la%20canal.pdf>
- Brown, S. N. (1992). A note on the use of subjective methods for assessing pig meat quality on the slaughter line. *Meat Science*, 32(2), 195–202. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(92\)90106-E](https://doi.org/10.1016/0309-1740(92)90106-E)
- Castro, R. C., Toledo, A. H., García, C. A., De Loera, O. Y., Alonso, R., Mendoza, E. S., Guevara, G. J., Sierra, V. A. y Castro, G. (22–25 de octubre de 2025). Relación genética del cerdo Ts'üdi xirgo [Presentación en congreso]. *60a Reunión Científica INIFAP*, México.
- Catá, F. J. (29 de abril de 2021). La ganadería extensiva abre un camino ético para el consumo de carne. *Opciones. Impulsem el consum conscient*. <https://opcions.org/es/ganaderia-extensiva-camino-etico-consumo-carne/>
- Chaline, E. (2014). *50 animales que han cambiado el curso de la historia*. Librero Ediciones.
- Chen, C., Zhu, J., Ren, H., Yuan, D., Xing, Z., Li, Y., Chen, Q., Hu, X., Zhang, J., Chen, B., Xing, Z., Wang, M. y Pan, Y. (2021). Growth performance, carcass characteristics, meat quality and chemical composition of the Shaziling pig and its crossbreeds. *Livestock Science*, 244, 104342. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104342>
- Ciobanu, D. C., Lonergan, S. M. y Huff-Lonergan, J. (2011). Genetics of meat quality and carcass traits. En M. F. Rothschild (Ed.), *The genetics of the pig* (2ª ed.). Iowa State University Press.
- 3tres3. (2025). *México: Participación de importaciones porcinas aumentó en 2024*. Noticias-3tres3. https://www.3tres3.com/es-mx/ultima-hora/mexico-participacion-de-importaciones-porcinas-aumento-en-2024_16275/
- Coma, J., & Piquer, J. (1999). Calidad de carne en porcino: Efecto de la nutrición. *FEDNA Avances en nutrición y alimentación animal*, 197–222.
- Consejo Mexicano de la Carne. (2025). *Compendio estadístico 2025*. <https://compendio2025.comecarne.org/>

- Córdoba-García, G. K., Navarro-Mercado, C., García-Contreras, A. C., Guevara, G. J., & Shirai, M. K. (2025, octubre 20–24). Caracterización fisicoquímica de la carne del cerdo criollo Ts'üdi xirgo en la etapa de inicio [Presentación oral]. *CONBLAND. RESGEN*, Montería, Colombia.
- Escobar, E., & Cardoso, A. (2010). Gastronomía tradicional del cerdo criollo producido en los llanos de Venezuela y Colombia. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 17(2), 167–169.
- Esmeraldas, R., Armijos, J., Maldonado, D., Delgado, J., Navas, F., & Toalombo, P. (2023). Comparación de las variables morfológicas de cerdos criollos en la provincia de Chimborazo y Loja. *Archivos de Zootecnia*, 72(279), 236–243.
- Eusse, G. J. (2009). Calidad de la carne de cerdo. *Sitio Argentino de Producción Animal*. <https://www.produccion-animal.com.ar/>
- FAO. (2002). *Los cerdos locales en los sistemas tradicionales de producción*. Estudio FAO Producción y Sanidad Animal, 148.
- García, C. A., De Loera, O. Y., Guevara, G. J., Rodríguez, J., Medina, C., Rivera, U., Segura, M., & Martínez, Y. (2021). Recuperación de la población del cerdo negro peludo (Ts'üdi xirgo) del Valle del Mezquital. *Revista de la Academia Veterinaria Mexicana*, LVII, 200–2021.
- Geng, L., Liu, K., & Zhang, H. (2023). Lipid oxidation in foods and its implications on proteins. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1192199. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1192199>
- Gutiérrez-Varas, M. A., & Siche, R. (2022). Producción de salchichas saludables: Una revisión de los sustitutos de origen vegetal para grasa, carne y sales. *Manglar*, 19(4), 379–389. <https://doi.org/10.57188/manglar.2022.048>
- Horcada, A., & Polvillo, O. (2010). Conceptos básicos sobre la carne. Universidad de Sevilla. <https://idus.us.es/server/api/core/bitstreams/27720fdc-564a-490e-ba7c-d336ac9a7ecc/content>
- Huang, X., Liu, H., Tang, X., Zhang, Y., & Li, Y. (2025). Exploring the relationship of antioxidant characteristics and fatty acids with volatile flavor compounds (VOCs)... *Foods*, 14, 3580.
- Huerta, S. S., Arana, C. O., Sagarnaga, V. L., Matus, G. J., & Branbila, P. J. (2018). Impacto del ingreso y carencias sociales sobre el consumo de carne en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(6), 1245–1258.
- Hunt, M., Senger, B., & Cornforth, D. (2006). *Cooked color in pork* (Factsheet). National Pork Board; American Meat Science Association.
- Hurtado, E., Gonzáles, C., & Vecchionacce, H. (2005). Estudio morfológico del cerdo criollo del estado Apure Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 23(1), 17–26.
- Isais, C. M. (2022). Los viajeros frente a la porcofilia mexicana... *Estudios de Historia Moderna y Contemporánea de México*, 63, 39–64.
- Jerez-Timaure, N., Trompiz, J., Mendoza, E., & Arenas de Moreno, L. (2020). Evaluación del método de aturdimiento... *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(3), e18722. <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i3.18722>
- José, O. R., Yanneth, M. P., & Tobón, J. (2025). Comportamiento productivo... *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 36(1), e27373.
- Lebret, B., & Andek-Potokar, M. (2022). Pork quality attributes from farm to fork. II... *Animal*, 16, 10383.
- Lebret, B., & Candek-Potokar, M. (2022). Pork quality attributes from farm to fork. I... *Animal*, 16(1).

- Lefaucheur, L., & Lebret, B. (2020). The rearing system modulates biochemical and histological differences... *Animal*, 14(9), 1976–1986. <https://doi.org/10.1017/S175173112000066X>
- Lemus-Flores, C. (2008). Diversidad genética del cerdo criollo mexicano. *Revista Computarizada de Producción Porcina*, 15(1).
- Linares, V., Linares, L., & Mendoza, G. (2011). Caracterización etnozootécnica y potencial carnívor de *Sus*. *Scientia Agropecuaria*, 2, 97–110.
- Martínez, S., & Zering, K. (2004). *Pork quality and the role of market organization*. Economic Research Service. <https://www.ers.usda.gov>
- Ortega, A. (2005). De la alcancía a la industria... *Estudios de Historia Rural*, 3(2), 25–46.
- Ortiz, A., Tejerina, D., García-Torres, S., González, E., Morcillo, F., & Mayoral, A. (2021). ...cruzado ibérico × Duroc... *Animals*, 11(7), 2143.
- Pandey, S., Sekar, H., & Gundabala, V. (2024). Development and characterization of bilayer chitosan... *International Journal of Biological Macromolecules*, 279, 135524. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.135524>
- Paredes, M., Vallejos, L., & Mantilla, J. (2017). Efecto del tipo de alimentación... *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 28(4), 894–903.
- Peláez, F., González, M., Avilés, C., Martínez, L., & Peña, F. (2017). ... *Universidad del Zulia*, 27(3), 194–202.
- Penkert, L., Li, R., Huang, J., Gurcan, A., Chung, M., & Wallace, T. (2021). Pork consumption and its relationship... *Meat and Muscle Biology*, 5(1), 1–22.
- Quijano, H. (2007). *Manual de sacrificio e industrialización del cerdo*. Trillas.
- Ramos, D. D. (2008). *Caracterización de la canal y la carne del cerdo criollo*... [Tesis doctoral, Universidad de León].
- Razmaitė, V., Šveistienė, R., & Šiukšcius, A. (2024). Effects of genotype on pig carcass... *Foods*, 13(5), 798. <https://doi.org/10.3390/foods13050798>
- Reis de Sousa, T. C. (2022, enero 17). Cerdos y humanos... *Porcicultura.com*.
- Rodríguez, C. G., Grageola, N. F., Valdaos, G. Y. S., Jiménez, R. E., & Silva, H. (2024, enero 15). El cerdo pelón mexicano... *Porcicultura.com*.
- Rosado-Aguilar, J., Rodríguez-Vivas, R., Bolio-González, M., Gutiérrez-Ruiz, E., Aguilar-Caballero, A., Ortega-Pacheco, A., Torres-Acosta, J., & Gutiérrez-Blanco, E. (2022). El cerdo pelón mexicano... *Bioagrociencias*, 15(1), 47–55.
- Rubio, L. M. S., Braña, V. D., Méndez, M. D., & Delgado, S. E. (2013). *Composición de la carne mexicana* (Folleto Técnico 27). FMVZ-UNAM; CNID-INIFAP. <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/handle/123456789/4088?show=full>
- Rubio, M. (2017). *La carne de cerdo, ni dañina ni grasosa* (Boletín UNAM-DGCS 510).
- Rubio, M., & Campos, C. (2022). Aportes al debate sobre el consumo de grasa saturada... *Nacameh*, 16(1), 18–38.
- Saldarriaga, G. (2006). Consumo de carnes en zonas cálidas... *Fronteras de la Historia*, 11, 21–56.
- Salgado, R. A. (2021). *Breve historia de la destrucción de la porcicultura campesina en México*.

- Salinas, L. S., Rubio, L. M., Braña, V. D., Méndez, M. R., & Delgado, S. E. (2020). Desarrollo y validación... *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(2).
- Sánchez, C. A. (2018). *Comportamiento cárnico a corral del cerdo criollo lampiño tropical...* [Tesis de maestría, Colegio de Posgraduados]. <http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/3355/>
- Santos, R. R., Trejo, L. W., & Osorto, H. W. (2011). Rendimiento de la canal... *Revista Científica FCV-LUZ*, 21(5), 396–402.
- Sriniwas, P., Kim, S., Sol, K. E., ... Bum, K. H. (2024). Exploring the multifaceted factors affecting pork meat quality. *Journal of Animal Science and Technology*, 66(5), 863–875.
- Torrencia-Morales, R., Pulido-Álvarez, H., & Zamora-Utset, E. (2020). *Evaluación sensorial aplicada...* Editorial Universitaria.
- Verbeke, W., & Rongduo, L. (2014). The impacts of information... *Meat Science*, 98(4), 766–772.
- Vicente, F., & Pereira, P. (2024). Composición y salud de la carne de cerdo... *Foods*, 13(12), 1905.
- Wang, S., Chen, H., Sun, J., Zhang, N., Wang, S., & Sun, B. (2023). Effects of cooking methods on aroma... *Food Chemistry: X*, 20, 100884.
- Wie, X., Lam, S., Bohrer, B., Uttaro, B., López-Campos, O., Prieto, N., Larsen, I., & Juárez, M. (2021). A comparison of fresh pork colour... *Foods*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/foods10112515>
- Zoe, V. H. (2019). Cómo Crisco derrotó a la manteca de cerdo. *The Communication*, Universidad de Michigan.

Enrofloxacin versus enrofloxacin-colistin, adicionados en la semana inicial en la productividad de pollos de engorda en Jilotepec, Estado de México.

Alberto Robles Garza¹, Brenda M. Fuentes Cruz²,
J. Eduardo Morales Barrera^{3*}, Humberto Vaquera Huerta⁴,
Emilio Reyes Sánchez⁵

Resumen. Los antibióticos como promotores de crecimiento en el alimento son comunes en la primera semana, de manera terapéutica disminuyen las infecciones bacterianas adquiridas del pollito antes y después de nacido, aunado a probióticos en el alimento. Se compararon en la primera semana de edad, dos antibióticos en el agua de bebida enrofloxacin versus enrofloxacin-colistin en dos tratamientos con cinco réplicas de 1000 aves cada una, cada tratamiento estuvo en una caseta de 25,000 aves (mitad hembras y machos) ambos antibióticos se utilizaron como preventivos de enfermedad, se registró el peso de las aves y el consumo de alimento a los 28 y 49 días de edad. Los parámetros productivos se evaluaron con una prueba de T de Student, de 0 a 28 días no existieron diferencias significativas ($P > 0.05$) para consumo de alimento ganancia de peso y conversión alimenticia. Para la evaluación de 0 a 49 días, el consumo de alimento y la conversión alimenticia fueron menores ($P < 0.05$) para las aves con enrofloxacin más colistina, pero no para la ganancia de peso ($P > 0.05$). Se concluye, que la combinación de enrofloxacin-colistina adicionados con probióticos a los 49 días disminuye el consumo de alimento y la conversión alimenticia mejorando la productividad de los animales.

Palabras clave: Probióticos; antibióticos; promotores de crecimiento; enrofloxacin; colistina; pollitos.

Abstract. Antibiotics used as growth promoters in feed during the first week are common. Therapeutically, they reduce bacterial infections acquired by chicks before and after hatching, especially when combined with probiotics in the feed. Two antibiotics administered in the drinking water during the first week of age—enrofloxacin versus enrofloxacin-colistin—were compared in two treatments with five replicates of 1,000 birds each. Each treatment was housed in a 25,000-bird house (half female and half male). Both antibiotics were used as disease preventatives. Bird weight and feed consumption were recorded at 28 and 49 days of age. Productive parameters were evaluated using a

¹ Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. ORCID: 0009-0002-7305-6788.

² Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. ORCID: 0009-0009-4129-7086.

³ Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. ORCID: 0000-0001-9344-1873.

⁴ Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México. ORCID: 0000-0002-2805-804X.

⁵ Consultor privado en Nutrición Animal, México. ORCID: 0009-0000-3990-4400.

* Autor de contacto. Correo electrónico: jemorab@correo.xoc.uam.mx

student's T-test. From 0 to 28 days, no significant differences ($P > 0.05$) were found for feed consumption, body weight gain, or feed conversion ratio. For the evaluation from 0 to 49 days, feed intake and feed conversion were lower ($P < 0.05$) for birds with enrofloxacin plus colistin, but not for weight gain ($P > 0.05$). It is concluded that the combination of enrofloxacin-colistin added with probiotics at 49 days decreases feed intake and feed conversion, improving the productivity of the animals.

Keywords: Probiotics; antibiotics; growth promoters; enrofloxacin; colistin; chicks.

INTRODUCCIÓN

El éxito de una óptima engorda de pollo, inicia en producir huevo fértil de las granjas de reproductoras, sin contaminación de microorganismos para una incubación sin microorganismos patógenos, los cuales están por contaminación por el manejo del huevo en el cascarón y en el interior del huevo, reproduciéndose de los nutrimentos de la yema, clara y cascarón. Por lo anterior, el manejo del huevo en la granja de la reproductora inicia desde la recolección, almacenamiento con adecuada temperatura, humedad dependiendo del tiempo de almacenamiento, entre otros factores, que son importantes para evitar la contaminación del huevo fértil. Uno de los problemas más comunes en el recién nacido, es la onfalitis o infección del saco vitelino, causado por la contaminación en alguna etapa de las mencionadas, lo que puede disminuir el crecimiento de las aves ocasionada por microorganismos, en México en algunas empresas se adicionan promotores del crecimiento en el alimento, para esta infección y otras enfermedades no obstante, por el uso cotidiano, los antibióticos van ocasionando resistencia bacteriana, y se deben

utilizar otros antibióticos extra a los del alimento en el agua de bebida o por vía parenteral, para contrarrestar estas infecciones (Morales, 2025). González et al., (2020) estudiaron la importancia del uso de antibióticos para mejorar la productividad en animales, así como evitar el crecimiento de microorganismos patógenos. Se buscan más promotores del crecimiento y opciones innovadoras para antibióticos, probióticos y prebióticos (Pewan et al., (2025) para mejorar la productividad y salud animal y humana. Los probióticos, también conocidos como microbios de alimentación directa (MAD), han despertado un gran interés mundial en la mejora de la salud y el rendimiento animal, son una alternativa a los antibióticos utilizados como promotores del crecimiento en respuesta a la creciente demanda de aves comerciales orgánicas y sin antibióticos (Barman et al., 2025). No obstante de los productos alternos a los antibióticos, su uso es cotidiano como terapéutico para enfermedades, Reina y Yeandro (2020), como la colibacilosis, enfermedad que afecta a varias especies de forma gastrointestinal, que en el caso de las aves puede ser sistémica y causar inmunodepresión en cualquier edad y como tratamiento se plantea el uso de fosfomicina entre otros antibióticos. Galotta et al. (2019) mencionan a la enrofloxacin como un antibacteriano de uso bastante difundido en medicina veterinaria con características de amplio uso por su margen contra bacterias Gram positivas (*Staphylococcus spp*) y Gram negativas (*Escherichia coli*, *Salmonella spp*, *Klebsiella spp.*, *Haemophilus spp*, *Pasteurella ssp*, *Avibacterium [Haemophilus] paragallinarum*) bacterias comunes en las infecciones de aves en la avicultura mexicana, además de micoplasmas, su uso resalta contra *Escherichia coli*. Este fármaco pertenece a la familia de las fluoroquinolonas, las cuales son la tercera generación de desarrollo de quinolonas, su acción bactericida es mediante el bloqueo de la ADN-girasa, una enzima bacteriana involucrada en la mayoría de los pro-

cesos biológicos que comprometen al ADN, tales como la transcripción, recombinación y replicación (Morales et al., 2016). Las fluoroquinolonas se han utilizado ampliamente en medicina veterinaria y especialmente en la producción de pollos de engorde durante más de dos décadas (Hofacre et al., 2013). Éstas, ampliamente utilizadas para el control de infecciones por microorganismos Gram negativos, han vuelto a incorporar la colistina (polimixina E) al arsenal terapéutico como recurso antibiótico (Quesada et al., 2016). La colistina es un polipéptido cíclico perteneciente al grupo de las polimixinas, que por sus propiedades tensoactivas tiene la capacidad de alterar la permeabilidad de la pared de las bacterias Gram negativas sensibles, que presentan una capa externa conformada por lipopolisacáridos promoviendo la pérdida de su contenido y muerte celular. Desde mediados del siglo pasado, se han utilizado antibióticos y posteriormente los probióticos, que es la tendencia para desplazarlos, no obstante, se obtienen mejores resultados en la producción, al adicionarse antibióticos en los primeros días de edad, porque evitan el crecimiento de bacterias previas a la incubación, en la incubación (infección del saco vitelino) y después del nacimiento del pollito y los probióticos suministrarlos en el resto de la engorda del pollo, para evitar que la carne de pollo contenga antibióticos cuando llega al consumidor, el objetivo del presente estudio fue evaluar la productividad de las aves al adicionar en el agua de bebida en la primera semana de edad, enrofloxacina (muy utilizado en la avicultura) versus enrofloxacina más colistina, en una granja comercial en Jilotepec, Estado de México.

Materiales y Métodos

Se emplearon pollitos de engorda de 0 a 7 semanas de edad de la línea Ross de ambos sexos, los cuales se alojaron en dos casetas de 25,000 aves cada una, en una se colocó el tratamiento testigo tratamiento 1 con enrofloxacina al 20%, en la otra caseta contigua se administró Tratamiento 2 con enrofloxacina al 20%, y colistina 2 MUI (equivalente a 83,33 mg). En cada caseta se hicieron 5 divisiones con malla con 1000 aves, cada una teniendo 5 repeticiones (5000 aves) con una densidad de 12 aves/m². Se aplicó un protocolo de vacunación contra Gumboro y Newcastle y para la aplicación de los antibióticos a evaluar, se suministraron en el agua de bebida desde el primer hasta el séptimo día de edad, después se continuó con los probióticos y otros ingredientes como enzimas, inhibidores de micotoxinas etc., que contenía el alimento. Las dietas utilizadas para este estudio fueron calculadas con base a los requerimientos de la línea Ross 308 (manual Ross, 2022) las cuales, fueron isocalóricas e isoprotéicas y suministradas a las edades que se especifican en el cuadro 1, para un adecuado desarrollo de los animales en iniciación, crecimiento y finalización.

Cuadro 1. Dietas experimentales utilizadas para evaluar los promotores de crecimiento Enrofloxacina y Colistina en pollos Ross 308 de 0 a 49 días

	Iniciador			
	1 - 10 DÍAS	11 - 21 DÍAS	22 - 35 DÍAS	36 A VTA
MAIZ B-A	587.63	620.79	649.42	662.6
PASTA DE SOYA	332	295	253	245
H.CARNE 44%-15-32	50	50	50	42
CARBONATO DE CALCIO 38%	6.5	4.3	3.3	4.6
DL METIONINA 99%	4.06	3.57	3.4	3.07
SAL (NaCl)	3.41	2.31	2.4	2.47
L-LISINA HCl	3.08	2.45	2.5	2.13
ACEITE VEGETAL ACIDULADO >35	3	9.5	18	20.5
L-TREONINA	1.67	1.28	1.17	0.94
ANTIMICOTOXINAS	1	1	-	-
VITAMINAS PMZ.POLLO	1	1	1	1
IMPULSOR MIX ESPECIAL	1	3.5	5.5	6
L-VALINA	0.76	0.49	0.55	0.35
COCCIDIOSTATO	0.75	0.75	-	-
PRODUCTOR DE CREATINA	0.6	0.6	0.6	0.6
BACTERIOFAGO	0.5	0.5	0.5	0.5
L-ISOLEUCINA	0.48	0.3	0.57	0.24
COLINA	0.375	-	-	-
KASTORPHILL	0.35	0.35	0.35	0.35
ORTOFOSFATO 21-17	0.3	-	-	-
ANTIOXIDANTE	0.19	0.19	0.19	0.19
PROTEASA	0.15	0.125	0.125	0.125
NOVELA	0.1	0.1	-	-
MEJORA UNIFORMIDAD	0.1	0.1	0.1	0.1
MEJORA DIGESTIÓN GRASAS	-	0.25	0.25	0.25
MINERALES TRAZAS PMZ POLLOS	1	-	1	1
COCCIDICIDA	-	0.65	0.65	0.65
INDUCTOR DE METIONINA	-	0.5	0.5	0.5
PROBIÓTICO	-	0.4	0.4	0.4
PIGMENTO ROJO	-	-	0.03	0.03
PIGMENTO 15	-	-	4.5	4.5
ANTIMICOTOXINAS	-	-	1	1
TOTAL KG	1000	1000	1000	1000

Los datos se analizaron mediante la prueba t de Student para comparar dos poblaciones independientes, se realizó mediante un análisis de varianza y las diferencias entre medias, se evaluaron con un nivel de significancia de $P < 0.05$. utilizando el paquete estadístico SAS (2002).

RESULTADOS

Los resultados, obtenidos en este estudio de 0 a 28 días se encuentran en el cuadro 2, no existieron diferencias significativas ($P > 0.05$) para consumo de alimento, a pesar de esto, la adición de colistina al tratamiento con enrofloxacin, provocó que las aves consumieran menos alimento, similarmente la ganancia de peso fue mayor para la adición de colistina, y la conversión alimenticia,

también fue numéricamente menor, a pesar de que estadísticamente no existió diferencia, para los productores de pollo significa obtener ganancias, porque los pollos comen menos y ganan más kilos de carne.

Para la evaluación a los 49 días de edad, si existió diferencia significativa ($P < 0.05$) en el consumo de alimento, se consumieron 235 g de alimento menos por pollo y a pesar de que no hubo diferencia significativa en la ganancia de peso ($P > 0.05$) numéricamente las aves adicionadas con colistina pesaron 133 g más por pollo, y la conversión alimenticia mostró una diferencia significativa ($P < 0.05$) en la cantidad de alimento consumido para producir un Kg de carne, fue de 160 g menos por pollo, lo que indica una mejor productividad y ganancia para el avicultor.

Cuadro 2. Parámetros productivos* de pollos de engorda Ross alimentados con dos promotores de crecimiento a los 28 días de edad

Antibiótico	Consumo de alimento (g)	Ganancia de peso (g)	Conversión alimenticia
Enrofloxacin	1681 ± 17.67	1245 ± 17.67	1.35 ± 0.1767
Enrofloxacin + colistina	1628 ± 17.67	1287 ± 17.67	1.26 ± 0.1767

*Promedio ± Error Estándar de la media.

No existieron diferencias significativas ($P > 0.05$).

Cuadro 3. Parámetros productivos* de pollos de engorda Ross alimentados con dos promotores de crecimiento a los 49 días

Antibiótico	Consumo de alimento (g)	Ganancia de peso (g)	Conversión alimenticia
Enrofloxacin	5212 ^a ± 49.18	2835 ^a ± 49.98	1.83 ^a ± 0.036
Colistina+Enrofloxacin	4977 ^b ± 49.18	2968 ^a ± 49.98	1.67 ^b ± 0.036

*Promedio ± Error Estándar de la media.

a,b Medias con diferente literal por columna son diferentes (P<0.05).

DISCUSIÓN

El uso de promotores del crecimiento en la industria avícola, es importante para el bienestar del ave como para el productor, pues dependiendo de los productos que le proporcione a los animales, encontrará una mejor respuesta. Por otro lado, Kasimanickam et al., (2021) menciona que la administración de antibióticos a las aves comerciales en dosis subterapéuticas, promueve el crecimiento, lo que a menudo conduce a la aparición de bacterias resistentes a los antibióticos. En este estudio, se encontró, que al adicionar colistina en el agua de bebida a los animales en los primeros 10 días, se mejoraban los parámetros productivos evaluados a los 49 días, al añadir colistina a la Enrofloxacin, menos consumo de alimento y más ganancia de peso, lo que indica que los agentes patógenos al inicio fueron inhibidos y esto fue favorable para la salud del pollo en las semanas segunda hasta la séptima, donde ya no se adicionaron enrofloxacin o colistina. Ndahi et al., (2023) mencionan que las aves comerciales con medidas de bioseguridad y vacunación, mitigan la exposición a patógenos; este entorno permite una administración más precisa de antibióticos bajo estricta supervisión veterinaria. En lo que respecta al uso de probióticos en dietas y en las fases posteriores de crecimiento y finalización, donde

ya no se incluyen antibióticos, sirvió para un mejor desarrollo de las aves y el efecto se vio al final de la producción, donde utilizan una gran variedad de ingredientes incluidos en la dieta de los animales, para inhibir a microorganismos patógenos del tracto digestivo de las aves, como coccidias y antibacterianos, que al incluirse en las dietas comerciales, causan resistencia y Cullen et al., (2024) dice que a medida que se profundiza la amenaza inminente de la resistencia antimicrobiana, se ha intensificado la búsqueda de alternativas novedosas a los antimicrobianos tradicionales para mantener el rendimiento y proteger la eficacia de las terapias existentes. La mayoría promueve el crecimiento, mejora la productividad del ganado y apoya la salud animal y humana, por lo que a pesar de su inclusión, la afectación de la carga bacteriana que trae el pollito, post eclosión, producto de la higiene en la granja de la reproductora y en la incubadora, afecta al pollito en la primera semana de vida, pues lo que come en esa primera semana duplica su peso, en concordancia con autores como Ayalew et al., (2022) y Korver et al., (2022) que destacan los beneficios de los probióticos para mejorar el rendimiento del crecimiento y el estado general de salud de las aves ponedoras y los pollos de engorde, demostraron que la incorporación de probióticos en las dietas avícolas aumenta la eficiencia de conversión ali-

menticia, la calidad del alimento, la disponibilidad de nutrientes, impulsa la ganancia de peso corporal y aumenta la productividad general, posiblemente atribuido a una mejor digestibilidad de los nutrientes como lo menciona Lee et al., (2012). Posteriormente, el incluir más antibacterianos se observa una respuesta mejor en el crecimiento del pollito en sinergia con el uso de probióticos por sus beneficios para la salud no solo por sus acciones conjuntas, sino también debido a la proporción precisa de cada cepa, lo que permite interacciones sinérgicas como una mejor adherencia intestinal y la supresión de patógenos. La enrofloxacinina ha sido utilizada en la avicultura por décadas, en la industria avícola, no obstante algunos investigadores como Roth y et al., 2017 mencionan que enrofloxacinina no mejora la productividad de las aves al disminuir los niveles de *E. coli* en el tracto gastrointestinal, pero con ampicilina y tetraciclinas sí se mejora, esto es debido a que las cepas de bacterias en el TGI se vuelven resistentes a un determinado AB si es administrado como promotor de crecimiento de manera continua, pero no así con AB nuevos, similarmente. Por otro lado, Ma B et al., 2020 investigó el uso de enrofloxacinina en granjas de pollos de engorda, disminuyó la prevalencia de *Salmonella* pero no de *Campylobacter* y causó resistencia de *E. coli* y *Salmonella*.

Absar et al., 2023 dice que la mortalidad, el consumo de alimento y la ganancia de peso con enrofloxacinina más colistina en la colibacilosis en los pollos de engorda, disminuyó la mortalidad, aumentó el consumo de alimento, y la ganancia de peso medio. Temmerman et al., 2020 expone que la optimización de la dosis de enrofloxacinina para el tratamiento de la colibacilosis en pollos de engorda mejora la efectividad de los agentes antimicrobianos por tres razones. Primero una dosificación inadecuada y una exposición posterior pueden conducir al fracaso del tratamiento y al desarrollo de resistencia en el patógeno objetivo, segundo, las cepas resistentes tienen potencial zoonótico (Jonhson et al., 2015 y pueden conducir a in-

fecciones humanas, que son más difíciles de tratar debido al aumento de la resistencia a los medicamentos antimicrobianos. Los genes de resistencia se pueden intercambiar a través de la transferencia de genes horizontal, entre las bacterias de los animales y los humanos, donde el medio ambiente puede tener un papel facilitador (Temmerman et al., 2020). Finalmente, Naeem et al., (2025) hace referencia a que la suplementación probiótica conduce a una mejora en la tasa de conversión alimenticia en las aves de corral, lo que sugiere que las aves requieren menos alimento para alcanzar los niveles objetivo de crecimiento o producción de huevos. Esta mejora conduce directamente a una disminución en los costos de producción y mejores retornos económicos para las operaciones avícolas en relación con el uso de antimicrobianos, como Enrofloxacinina más Colistina y la sinergia con probióticos en esta presente investigación.

CONCLUSIONES

La adición de colistina en combinación con enrofloxacinina durante la primera semana de vida de los pollos de engorda, mejoró el desempeño productivo que solo con enrofloxacinina en conversión alimenticia y consumo de alimento al final de la engorda. El uso complementario de probióticos y otros promotores del crecimiento en el alimento en las fases subsecuentes, contribuyó al mantenimiento del desarrollo productivo, lo que refuerza la importancia de integrar estrategias que combinen el control de patógenos con el fortalecimiento del microbioma intestinal. Se concluye que la aplicación conjunta de colistina y enrofloxacinina puede ser una alternativa viable para mejorar la eficiencia alimenticia y el rendimiento del pollo de engorda bajo condiciones comerciales.

BIBLIOGRAFÍA

- Ayalew, Z., Zhang, H., Wang, J., Wu, S., Qiu, K., Qi, G., Tekeste, A., Wassie, T., & Chanie, D. (2022). Potential feed additives and antibiotic alternatives in broiler production. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 916473.
- Barman, I., Seo, H., Kim, S., Rahim, M. A., Yoon, Y., Hossain, M. S., Shuvo, S. H., & Song, H. Y. (2025). Isolation of new strains of lactic acid bacteria from the vaginal microbiome of postmenopausal women and their probiotic characteristics. *Current Microbiology*, 82, 76.
- Cullen, L., Neale, D., & Kinchin, H. (2024). Exploring perceptions of bacteriophage use in the UK across the One Health spectrum: A roundtable discussion. *Sustainable Microbiology*, 1.
- Galotta, M. L., Moscuza, C. H., & Cirelli, A. F. (2019). Estudio radiológico de cabritos suplementados con enrofloxacin. *Revista Veterinaria*, 30(2), 94–97. <https://doi.org/10.30972/vet.3024141>
- González, V. A., Ponce, F. L., Alcivar, C. J., Valverde, L. Y., & Gabriel, O. G. (2020). Suplementación alimenticia con promotores de crecimiento en pollos de engorde Cobb 500. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 7(1), 3–16.
- Hofacre, C. L., Fricke, J. A., & Inglis, T. (2013). Antimicrobial drug use in poultry. In *Antimicrobial therapy in veterinary medicine* (pp. 569–587).
- Ilowsky, S., Dean, S. (2022). *Introducción a la estadística*, OpenStax, Texas. <https://openstax.org/books/introducción-estadística/pages/1-introducción>
- Johnson, M.J.R.; Johnston, B. ; Curtiss, R. ; Mellata, M. (2015). Potencial zoonótico de aislados de *Escherichia coli* de productos de carne de pollo y huevos al por menor. *Appl. Medio ambiente. Microbiol*, 81, 1177-1187.
- Kasimanickam, V., Kasimanickam, M., & Kasimanickam, R. (2021). Antibiotics use in food animal production: escalation of antimicrobial resistance. *Medical Sciences*, 9, 14.
- Korver, D.R. (2022). Intestinal Nutrition: Role of Vitamins and Bio factors and Gaps of Knowledge. *Poult. Sci.* 101, 101665.
- Lee, K.W., Lillehoj, S.H., Lee, S.I., Jang, M.S., Park, D.A., Bautista, G.D., Ritter, Y.H., Hong, G.R., y Lillehoj, E.P. (2012). *Effect of dietary antimicrobials on immune status in broiler chickens. Asian-Australas J Anim Sci* 25(3):382-392.
- Ma B., Mei, X., Lei, C., Li, C., Gao, Y., Kong, L., Zhai, X., Wang, H. (2020). Enrofloxacin shifts intestinal microbiota and metabolic profiling and hinders recovery from *Salmonella enterica subsp. enterica serovar Typhimurium* infection in neonatal chickens. *mSphere* 5:e00725-20. <https://doi.org/10.1128/mSphere.00725-20>.

Guía para autores

Los manuscritos que se presenten a esta Revista deben ser resultado de investigaciones de alto nivel académico, aportar conocimiento original, ser inéditos y de preferencia deben estar escritos en español.

Lista de comprobación para la preparación de envíos

Como parte del proceso de envío, los autores/as deben comprobar que su envío cumpla todos los elementos que se muestran a continuación. De lo contrario, serán devueltos.

- ⇒ El envío no ha sido publicado previamente ni se ha sometido a consideración a ninguna otra revista (o se ha proporcionado una explicación al respecto en la postulación dirigida al editor/a).
- ⇒ Siempre que sea posible, se proporcionan direcciones URL y DOI's para las referencias.
- ⇒ En el texto se utilizará el procesador de Microsoft Word, con fuente Arial a 12 puntos, a 1.5 espacio. Se utiliza cursiva en lugar de subrayado (excepto en las direcciones URL); y todas las ilustraciones, figuras y tablas se encuentran colocadas en los lugares apropiados del texto, en vez de al final.
- ⇒ El texto se adhiere a los requisitos estilísticos y bibliográficos resumidos en los siguientes principios editoriales.

Tipo de contribución

1. Artículos de investigación
2. Notas de investigación
3. Ensayos y revisiones bibliográficas

4. Reseñas de libros y comentarios

Los *Artículos de investigación* deben reportar resultados de investigaciones originales y no haber sido entregados para su publicación en cualquier otro medio. Para ser considerados los artículos deben establecer claramente el argumento que van a sostener enmarcado en una discusión relevante en el campo o subcampos de estudio, establecer la metodología utilizada, presentar una discusión de la literatura existente orientada a enmarcar los aportes del estudio y presentar los resultados obtenidos en la investigación empírica de manera consistente con el argumento y el diseño metodológico.

La estructura básica de los artículos es la siguiente:

Introducción

Método de trabajo

Resultados

Discusión

Conclusiones e implicaciones

Para los artículos la extensión máxima es de ocho mil palabras (aproximadamente 30 cuartillas incluyendo cuadros, figuras, notas y bibliografía).

Las *Notas de investigación* contienen una descripción concisa y completa de una investigación limitada o con resultados significativos pero parciales. Debe estar completamente documentada por referencias bibliográficas y describir la metodología empleada como en un artículo de investigación. No deberá exceder las cuatro mil palabras (aproximadamente 15 cuartillas, incluyendo figuras, cuadros y referencias).

Los *Ensayos y revisiones bibliográficas* deben incluir un tema de interés actual y relevante. Pueden dar cuenta de discusiones teóricas y metodológicas relevantes en campos inherentes a la revista. Dado el énfasis en la discusión conceptual y metodológica no necesitan presentar evidencia empírica original. Para su consideración es importante que presenten de manera clara los aportes conceptuales y metodológicos que realizan al campo o subcampos en el que se inscriben. Estos trabajos no deben exceder las cinco mil palabras (aproximadamente 20 cuartillas incluyendo cuadros, figuras, notas y bibliografía).

Las *Reseñas de libros* tienen por objetivo la crítica de un texto publicado no más allá del año anterior al envío del manuscrito en cualquiera de las disciplinas que aborda la revista. Es importante destacar que en las reseñas se busca un análisis crítico de la obra revisada, así como su contextualización e identificación de los principales aportes. Las reseñas no deben exceder de dos mil caracteres (alrededor de seis cuartillas).

Presentación de textos

La presentación implica que todos los autores autorizan la publicación del documento y que están de acuerdo con su contenido. Al aceptar el artículo la revista puede cuestionar al (las, los) autor (as, es) para transferir el derecho de su artículo a la editorial.

Los trabajos para consideración pueden ser enviados en archivo electrónico. Se enviará en documento de Word como un archivo adjunto al correo electrónico aalvarez@correo.xoc.uam.mx. Mediante la misma vía se realizará el acuse de recibo.

Archivo electrónico

Se enviará el trabajo en archivo digital, con cuatro márgenes de 2.5 centímetros. Las cuartillas deberán estar numeradas.

Preparación y consideraciones generales para el manuscrito:

1. El texto deberá ser escrito en español o inglés.
2. El texto deberá tener el siguiente orden:
 - Título (Claro, descriptivo y corto).
 - Nombre del (las, los) autor (as, es).
 - Teléfono, correo electrónico y fax del primer autor o autor de correspondencia para mantener comunicación con el Editor.
 - Dirección actual del (las, los) autor (as, es).
 - Resumen y 5 a 6 palabras claves (términos indexados).
 - Abstract and 5 to 6 keywords
 - Introducción.
 - Descripción del área, métodos y técnicas.
 - Resultados.
 - Discusión.
 - Conclusión.
 - Agradecimientos y reconocimientos. Siempre que corresponda, se reconocerán colaboraciones como a) ayuda técnica recibida; b) apoyo financiero y material, especificando la índole de este; c) las relaciones financieras que pudieran suscitar un conflicto de intereses. Las personas que colaboraron pueden ser citadas por su nombre,

añadiendo su función o tipo de colaboración. Siempre que corresponda, los autores deberán mencionar si existe algún conflicto de interés.

- Referencias.
- Cuadros.
- Mapas u otros anexos.

El título y subtítulo deberán estar en líneas diferentes sin sangrías. Se utilizarán altas y bajas; se escribirá con mayúsculas el carácter inicial y los nombres propios. El título debe ser descriptivo en español e inglés, corresponder al contenido del artículo y tener una extensión máxima de 55 caracteres (alrededor de diez palabras).

La primera vez que aparezca una sigla o un acrónimo debe escribirse *in extenso* con el acrónimo o siglas entre paréntesis.

Se recomienda evitar el uso de palabras en idioma distinto al español y de neologismos innecesarios.

Si es inevitable emplear un término en lengua extranjera (por no existir una traducción apropiada), se debe anotar, entre paréntesis o como nota de pie de página, una breve explicación o traducción aproximada del término.

Se deben utilizar unidades del Sistema Internacional (SI).

Resumen

El resumen deberá ser claro, descriptivo y contener no menos de 800 ni más de 900 caracteres sin considerar los espacios. Es conveniente incluir en el resumen los objetivos, resultados más relevantes, así como las principales conclusiones.

Abstract

Se trata de la traducción del resumen al inglés y, eventualmente, al francés. La calidad de las traducciones será responsabilidad exclusiva de las y los autores.

Cuadros

1. El autor deberá tener en cuenta las limitaciones en tamaño y presentación de la revista. Deberán evitarse cuadros largos, y exceder las dimensiones de una cuartilla (21 x 27.9 centímetros).
2. Los cuadros se enumeran de acuerdo con su secuencia en el texto y en números arábigos. Se debe incluir la fuente en todos los cuadros.
3. Los cuadros se encontrarán insertos en el lugar previsto por las y los autores dentro del texto.
4. Cada cuadro debe tener un título corto y autoexplicativo. El tipo de letra deberá ser el mismo que el utilizado en el texto (arial, 12 pts.) y colocarse al centro y arriba.
5. Los cuadros elaborados deberán ser propios con base en la información generada por los (as) autores (as). Si llegasen a utilizar información secundaria, deberá darse el crédito correspondiente a la fuente utilizada.

Ilustraciones

1. Todas las ilustraciones (mapas, líneas de dibujo y fotografías) deberán incluirse en el texto, sin marco y ajustarse al tamaño de una cuartilla (21 x 27.9 cm).
2. Las ilustraciones deberán ser secuenciadas con números arábigos de acuerdo con el texto. Las referencias deben incluirse en el texto para cada ilustración.
3. Las ilustraciones que contengan texto deberán estar en *Indian ink* o en etiquetas impresas. Asegurarse que el tamaño del carácter sea lo suficientemente grande para permitir una reducción del 50% sin volverse ilegible. Los caracteres deberán estar de preferencia en español, aunque se puede justificar su inclusión en inglés. Usar el mismo tipo de carácter y estilo de la revista.
4. Cada ilustración debe tener una leyenda.
5. Las fotografías sólo son aceptables si tienen un buen contraste e intensidad. Las copias deben ser nítidas y brillantes. Pueden incluirse ilustraciones en color.

Bibliografía

La bibliografía se incorpora al final del artículo, incluyendo en orden alfabético todas las obras citadas en el texto y en los pies de página. Los autores deben revisar cuidadosamente que no haya omisiones ni inconsistencias entre las obras referenciadas y la bibliografía. Se enlistará la obra de un mismo autor en orden descendente por fecha de publicación (2022, 2018, 2014, etcétera).

Se dará prioridad a los artículos enviados con la bibliografía gestionada electrónicamente, y presentada con la norma APA7 (<https://normas-apa.org/wp-content/uploads/Guia-Normas-APA-7ma-edicion.pdf>). Los autores podrán recurrir al uso de cualquier gestor disponible en el mercado (Reference Manager, Crossref o Mendeley entre otros), o de código abierto tal como Refworks o Zotero.

Dentro del texto, al referirse a un autor (as, es) deberá hacerse sin inicial seguido del año de publicación y, de ser necesario, por una referencia corta sobre las páginas. Ejemplo: “Desde que Martínez (2024) demostró que...”, “Esto coincide con resultados posteriores (Norman, 2025: 20-21)”.

Si la referencia que se indica en el texto es escrita por más de dos autores, el nombre del primer autor será seguido por *et al.* o “y colaboradores”.

Esta indicación, sin embargo, no deberá ser usada en la lista de referencias ni en itálicas.

Usar el siguiente sistema para indicar las referencias:

a. De publicación periódica

Castañeda Naranjo, L. A. y Palacios Neri, J. (2015). Nanotecnología: fuente de nuevos paradigmas. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología*, 7(12), 45-49.

b. Seminarios, Congresos, Simposios o Conferencias

Sánchez, C., Ayala, D. y Bocarosa, E. (17-29 de noviembre de 2018). *La biodiversidad y la supervivencia humana en la tierra* [Discurso principal]. Conferencia de las Naciones Unidas, Sharm, El-Sheikh, Egipto.

c. De libros

Libro impreso

Apellido, N. (año). Título del trabajo. Editorial.

Libro en línea

Apellido, N. y Apellido, N. (año). Título del libro. Editorial. DOI o URL

Libro con editor

Apellido, N. (Ed.). (año). Título del trabajo. Editorial.

d. De un capítulo en libro

Muñoz, O. (1991). El proceso de industrialización: teorías, experiencias y políticas. En O. Sunkel (Comp.), *El desarrollo desde dentro* (pp. 184-206). Lecturas, núm. 71. Fondo de Cultura Económica.

d. Leyes y documentos legales

Ley 1060 de 2006. Por la cual se modifican las normas que regulan la impugnación de la paternidad y la maternidad. 26 de julio de 2006. D.O. No. 46341.

e. De tesis o disertaciones

Martínez Ribón, J. G. T. (2011) *Propuesta de metodología para la implementación de la filosofía Lean (construcción esbelta) en proyectos de construcción* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <http://bdigital.unal.edu.co/10578/>

f. Páginas web

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (1 de octubre de 2018). *Nuevos datos revelan que en el mundo uno de cada tres adolescentes sufre acoso escolar*. <https://es.unesco.org/news/nuevos-datosrevelan-que-mundo-cada-tres-adolescentes-sufre-acoso-escolar>.

g. Archivo PDF

Rodríguez, R. (2019). *Una guía para combatir el Acoso escolar* [Archivo PDF]. <https://www.url.com>. Para otras opciones consultar: <https://normas-apa.org/wp-content/uploads/Guia-Normas-APA-7ma-edicion.pdf>.

Fórmulas

1. Las fórmulas deberán ser escritas de acuerdo con los estándares de la revista. Dejar un espacio amplio alrededor de las fórmulas.
2. Los subíndices y superíndices deberán ser claros.
3. Los caracteres griegos y otros no latinos o símbolos escritos a mano deberán ser explicados e indicar su significado al margen de la página en donde aparecen por primera vez. Tener especial cuidado para mostrar claramente la diferencia entre un cero (0) y el carácter O y entre el 1 y el carácter I.
4. Para indicar fracciones simples, utilizar la diagonal (/) en lugar de una línea horizontal.
5. Enumerar, en paréntesis, las ecuaciones a la derecha. En general, sólo las ecuaciones explícitamente referidas en el texto, necesitan ser numeradas..
6. Se recomienda el uso de fracciones en lugar de signos de raíz.
7. Los niveles de significancia estadística que son mencionados sin más explicación son $P < 0.05 = *$, $P < 0.01 = **$ y $P < 0.001 = ***$
8. En las fórmulas químicas, las valencias de los iones deberán indicarse, por ejemplo, como Ca^{2+} y no como Ca^{++} .

Pie de página

1. Se recomienda hacer los pies de página a través de un procesador de textos.
2. En caso de utilizarlos, deberán numerarse en el texto, indicando el número como superíndice y que sean tan cortos como sea posible. El tamaño del carácter será de 10 pts.

Nomenclatura

1. Los autores y editores aceptarán las normas de nomenclatura biológica vigente.
2. Todos los seres vivos (cultivos, plantas, insectos, aves, mamíferos, etc.) deberán ser identificados por sus nombres científicos, con excepción del nombre común de animales domésticos.
3. Todos los seres vivos y otros compuestos orgánicos deberán ser identificados por sus nombres genéricos cuando son mencionados por primera vez en el texto. Los ingredientes activos de todas las formulaciones deberán ser igualmente identificadas.

Derechos de autor

1. Cuando el autor cite algún trabajo de otra persona o reproduzca una ilustración o tabla de un libro o artículo de revista debe estar seguro de no estar infringiendo los derechos de autor.
2. Aunque en general un autor puede citar de otro trabajo publicado, debe obtener permiso del poseedor del derecho de autor si se requiere reproducir tablas, figuras u otras ilustraciones.
3. El material en trabajos no publicados o protegidos, no podrá ser publicado sin obtener el permiso por parte del poseedor de los derechos.
4. Deberá incluirse un agradecimiento por algún material autorizado para su publicación.

De acuerdo con la legislación de derechos de autor, *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* reconoce y respeta el derecho moral de los autores, así como la titularidad del derecho patrimonial, el cual será cedido a la revista para su difusión en acceso abierto. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* no realiza cargos monetarios a los autores por enviar y procesar artículos para su publicación.

Todos los textos publicados en la Revista, sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.

Para todo lo anterior, el o los autores (as) deben remitir el formato de Carta-Cesión de la Propiedad de los Derechos de la primera publicación debidamente requisitado y firmado por el autor(es). Este formato se

puede enviar por correo electrónico en archivo pdf al correo: aalvarez@correo.xoc.uam.mx (Carta-Cesión de Propiedad de Derechos de Autor).

Criterios de dictaminación y pruebas del formato del trabajo

1. Una vez revisado, conforme a las políticas de la revista, cada texto será sometido para su dictamen por al menos a dos revisores miembros del Comité Editorial, quienes desconocerán el nombre e Institución de los autores proponentes. Para ser publicado cada trabajo deberá contar con dos dictámenes aprobatorios.
2. Si el documento cuenta con observaciones, se regresará el texto para la corrección. Una vez realizadas las correcciones conforme a los criterios de evaluación del Comité Editorial de la revista, se enviará una prueba de formación al autor correspondiente. Sólo los errores tipográficos serán corregidos; no se harán cambios o adiciones al documento.
3. Los trabajos no aceptados para su publicación se regresarán al autor, con una exposición de los motivos por los que se rechaza o las modificaciones que deberán aplicarse para ser reevaluados.

Periodicidad

Es una publicación semestral que aparece los meses de julio y diciembre de cada año.

Declaración de privacidad

Los nombres y las direcciones de correo electrónico introducidos en esta revista se usarán exclusivamente para fines establecidos en ella y no se proporcionarán a terceros para su uso con otros fines.

Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente.
Revista electrónica
Se terminó de formar en Enero de 2026